# บทที่ 3

## 3.1 เครื่องอัดอากาศที่นิยมนำมาใช้กับเครื่องดูดเสมหะแรงดันสูง (Suction)

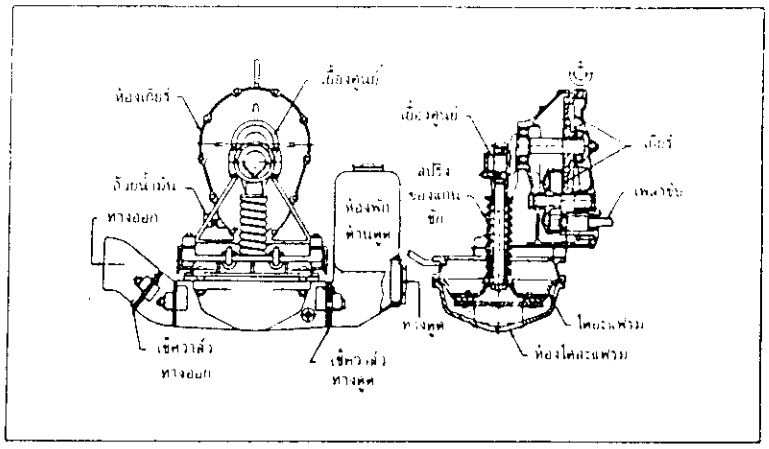
สำหรับเครื่องอัดอากาศที่นิยมนำมาใช้กับเครื่องดูดเสมหะแรงดันสูงมีอยู่ 2 ชนิดคือ ไดอะแฟรมปั๊มและโรตารีปั๊ม ซึ่งเป็นปั๊มที่มีแรงอัดสูงและลมที่ออกนั้นความเรียบในการเดินเครื่องซึ่งจะไม่เหมือนปั๊มแบบลูกสูบความเรียบของลมนั้นจะน้อยทำให้ความต่อเนื่องในการดูดหรืออัดอากาศไม่ต่อเนื่อง ซึ่งจะกล่าวถึงหลักการเบื้องต้นของปั๊มทั้งสองชนิดดังนี้คือ

### 3.1.1 ไดอะแฟรมปั๊ม

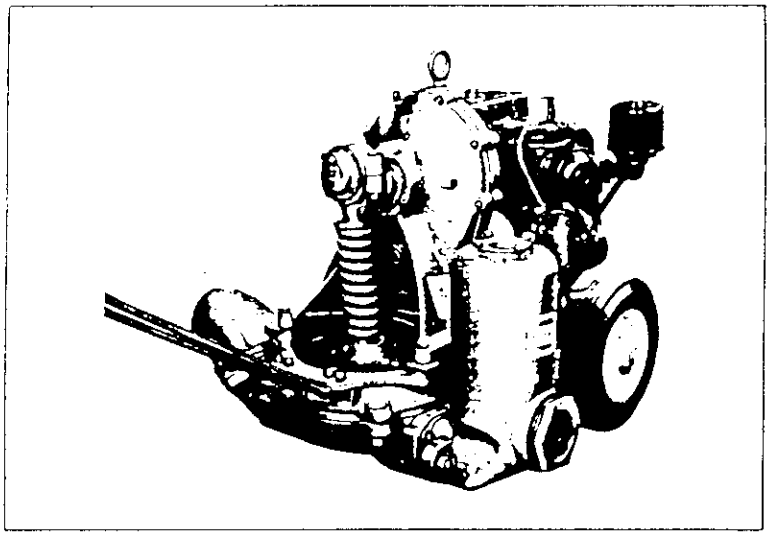
เป็นปั๊มที่ปั๊มได้ทั้งของแห้ง ของเหลวผสมของแข็ง ของเหลวความหนืดสูง และไม่ต้องใช้ซีลหรือประเก็น ดังนั้นไดอะแฟรมปั๊มเป็นปั๊มที่ให้ปริมาตรในทางบวก มีเยื่อที่ยืดหยุ่นได้ยึดตามขอบนอกของตัวเรือน ทำหน้าที่ป้องกันการรั่วซึม บริเวณส่วนกลางจะเคลื่อนที่คล้ายลูกสูบโดยอาศัยกลไกเช่น เพลาข้อเหวี่ยง,แคมเยื้องศูนย์,ในขณะที่ของไหลชนิดต่างๆเช่น ลมหรือของเหลวภายได้ความดันที่ปรับได้ เช็ควาล์วที่ทางเข้าและทางออกจะทำหน้าที่ควบคุมการไหลของของเหลวที่ปั๊มเข้าและออกจากห้อง (chamber) ของปั๊ม ลักษณะพิเศษของปั๊มไดอะแฟรมคือไม่มีซีล , ไม่มีปะเก็นเหมือนกับทำงานที่ไม่ต้องการการรั่วซึมและยังดูดของเหลวได้ด้วยตนเอง(self priming) และไม่มีการเสียหายถ้าเดินปั๊มตัวเปล่า

### 3.1.2ไดอะแฟรมปั๊มชุดขับเป็นแบบเมคคานิค

กลไกที่ใช้ขับไดอะแฟรมปั๊มแบบเมคคานิคคล้ายกับกลไกที่ใช้ขับปั๊มแบบลูกสูบ ในรูปที่ 3.1 และรูปที่ 3.2 แสดงกลไกที่ใช้ขับสูบไดอะแฟรมปั๊ม แบบไดอะแฟรมเดียว โดยมีสปริงอยู่บนแกนชัก ถ้าความดันของปั๊มเกินค่าความดันสูงสุดที่กำหนดไว้ สปริงจะกดไม่ให้ไดอะแฟรมเคลื่อนที่ ปั๊มชนิดนี้ใช้กันมากในอุตสาหกรรมก่อสร้างเมื่อปั๊มดูดหิน ดินทรายเข้ามา สปริงจะกดไว้ไม่ให้ของแข็งไหลไปตามช่องของปั๊ม ซึ่งอาจทำให้เพลาขอเหวี่ยงเสียหายได้ ในปั๊มชนิดที่มีไดอะแฟรมเดียวของเหลวที่ถูกปั๊มออกไปจะมีแรงเฉือยมากถ้าท่อทางดูดและท่อทางออกมีขนาดค่อนข้างยาว วงจรการทำงานของปั๊มประกอบด้วยจังหวะดูด และจังหวะปล่อย การทำงานของห้องพักเล็กทางด้านดูดของปั๊มจะทำให้ปั๊มดูดของเหลวจากห้องพักขณะเดียวกันก็ดูดของเหลวผ่านท่อดูดด้วย ระหว่างปล่อยในห้องพักก็จะมีของเหลวมาบรรจุอยู่เต็มโดยของเหลวที่ผ่านเข้ามาตามท่อทางดูด ถ้าท่อส่งค่อนข้างยาวแรงเฉือยของของเหลวจะมากทำให้เกิดโหลดบนไดอะแฟรมเข้าสู่จังหวะปล่อยสปริงบนแกนชักดังแสดงในรูปที่ 3.1 สามารถดูดซับพลังงานบางส่วนจากเพลาข้อเหวี่ยงก่อนเข้าสู่จังหวะปล่อยและให้ไดอะแฟรมกลับเข้าสู่สภาพเดิมหลังจังหวะปล่อยทำให้ลดโหลดบนไดอะแฟรมและเพลาข้อเหวี่ยง



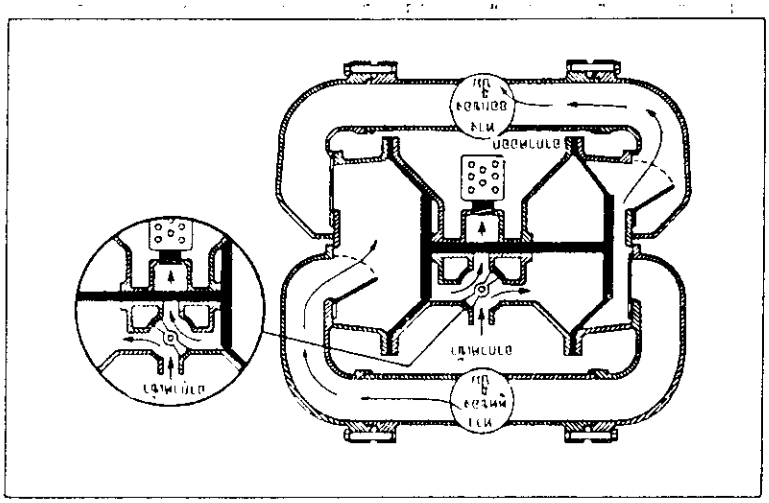
รูปที่ 3.1 หน้าตัดของไดอะแฟรมปั๊มแบบไดอะแฟรมเดียวที่กลไกขับเป็นแมคคานิค



รูปที่ 3.2 ไดอะแฟรมปั๊มแบบไดอะแฟรมเดียวที่ขับด้วยเครื่องยนต์

ปกติ ปั๊มเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์เป็นแบบไดอะแฟรมนั้น ไดอะแฟรมจะเคลื่อนที่โดยอาศัยแคมในจังหวะดูดและกลับเข้าสู่จังหวะปล่อยโดยสปริงดังนั้นสปริงจะเป็นตัวกำหนดความดันทางด้านออกและให้ความดันที่ส่งไปยังคาร์บูเรเตอร์เกือบคงที่โดยไม่คำนึงถึงรอบหมุนของเครื่องยนต์และอัตราการกินน้ำมันเชื้อเพลิง กลไกที่ใช้ขับไดอะแฟรมปั๊มอาศัยแกนชักที่ปกติจะยึดอยู่กับแท่นทั้งสองข้างของกึ่งกลางของไดอะแฟรม แผ่นไดอะแฟรมทำจากใยสังเคราะห์แผ่นไดอะแฟรมจะหล่อให้หน้าตัดเป็น convolyted หน้าตัดแบบ cunvoluted จะให้จังหวะยาวกว่าหน้าตัดลักษณะอื่นๆ กลไกที่ขับไดอะแฟรมจะเป็นการทำงานที่ไม่สมดุล ความดันทางด้านดูดและด้านออกเกิดขึ้นจากส่วนกลางของไดอะแฟรมที่มีการเคลื่อนที่แรงที่เกิดขึ้นกำหนดโดยแกนชักและแท่นที่ยึดไดอะแฟรมกับส่วนที่ไม่ได้ยึดของไดอะแฟรม ไดอะแฟรมปั๊มที่ชุดขับเป็นเมคคานิค บางครั้งจะเป็นแบบไดอะแฟรมคู่ เพื่อให้สามารถใช้กับไดอะแฟรมสองแผ่นได้ ขณะที่อันหนึ่งเป็นจังหวะดูด

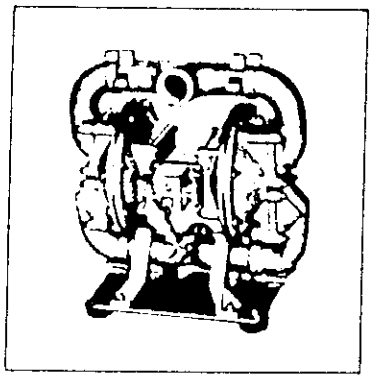
อีกอันหนึ่งจะเป็นจังหวะปล่อยและกลับไปกลับมาเช่นนี้ คลอคการทำงานข้อต่อที่เรียกว่าคานวิ่ง (walking beam) เป็นแกนที่ต่อระหว่างงไดอะแฟรมทั้งสองขณะที่ไดอะแฟรมหนึ่งถูกผลักในจังหวะปล่อยไดอะแฟรมอีกตัวหนึ่งจะถูกดึงในจังหวะดูด ห้องของไดอะแฟรมพร้อมด้วยเชควาล์วที่ทางเข้าและทางออกจะถูกต่อเข้าด้วยกันข้อได้เปรียบของไดอะแฟรมแบบคู่ คือให้อัตราการไหลคงที่ไดอะแฟรมปั๊มที่ขุดขับเป็นเมคคานิคส่วนมากจะใช้งานก่อสร้างเพื่อดูดน้ำจากฐานราก เขื่อนกั้นน้ำและโรงบำบัดน้ำเสียหรือปั๊มปูนขาว โดยมีเฮดประมาณ 50 ฟุต ( 25 ฟุตทางด้านดูด 25ฟุตทางด้านส่ง ที่วัดได้ในสภาพสแตติก) ส่วนแรงไดนามิคยากแก่การคำนวณส่วนมากจะกล่าวง่ายๆว่าเฮดสแตติกเป็น 50 ฟุต



รูปที่ 3.3 หน้าคัดของไดอะแฟรมปั๊มแบบคู่ที่ขับด้วยลมพร้อมเช็ควาล์วแบบกระพือและวาล์วที่ใช้กระจายลม วงกลมทางขวามือแสดงการไหลของลมเข้าทางหลังของไดอะแฟรมทางขวามือ

**3.1.3ไดอะแฟรมปั๊มที่ขุดขับเป็นไฮดรอลิก**

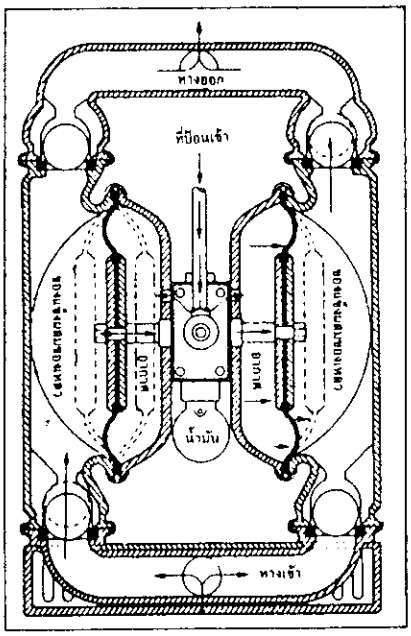
ไดอะแฟรมปั๊มที่ขุดขับเป็นไฮดรอลิก ปั๊มลักษณะเช่นนี้ใช้กันมากในรูปแบบเป็นปั๊มสำหรับมาครวัด มีการปรับจังหวะได้ด้วยลูกสูบซึ่งบังคับไฮดรอลิกเข้าและออกจากห้องพักที่อยู่ด้านหลังของแผ่นไดอะแฟรม แผ่นไดอะแฟรมจะสมดุลได้โดยน้ำมันไฮดรอลิกและแผ่นไดอะแฟรมที่ยืดหยุ่นจะต้องเป็นตัวแยกน้ำมันไฮดรอลิกออกจากของเหลวที่จะปั๊มออกไป ปั๊มชนิดนี้สามารถใช้ในระบบที่มีความดันได้ถึง 4000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (275.2 บาร์) และอัตราการปั๊มจากศูนย์ถึง 2000 แกลลอนต่อชั่วโมง(7.76 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง) โหลดของสปริงบนเชควาล์วแบบลูกบอลล์วัดความแม่นยำได้ถึง 1%ของอัตราไหลสูงสุด ปั๊มชนิดนี้ให้ปริมาตรในทางบวกจะต้องมีระบบบายพาสในกรณีทางออกถูกบล็อก สามารถประยุกต์ใช้ได้กับงานในโรงงานกำจัดน้ำเสีย, โรงงานกระดาษและเยื่อกระดาษ, ปิโตรเคมีหรืออุตสาหกรรมปิโตรเคมี ชนิดของของเหลวที่ใช้กับปั๊มไดอะแฟรม เช่น ไฮดราซีน,ฟอสเฟส,กรด, อลูมิเนียมคลอไรด์,สารละลายจำพวกด่าง ฯลฯ



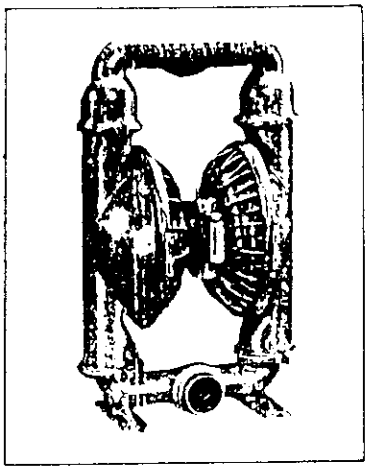
รูปที่ 3.4 ไดอะแฟรมปั๊มแบบคู่ที่ขับด้วยลมที่มีเช็กวาล์วแบบกระพือ

**3.1.4ไดอะแฟรมปั๊มที่ขับด้วยนิวแมติก**

แผ่นไดอะแฟรมปั๊มที่ขับด้วยนิวแมติกมีลักษณะการทำงานที่เป็นพิเศษชนิดที่เป็นที่ถูกจักกันดีคือ แบบไดอะแฟรมคู่รูปที่ 3.3 เป็นรูปที่แสดงหน้าตัดของไดอะแฟรมปั๊มแบบคู่ที่ขับด้วยนิวแมติกรูปที่ 3.4 เป็นรูปถ่ายของปั๊ม หลักการทำงานค่อนข้างง่าย ตัวปั๊มมีห้องอยู่สองห้องและมีสองไดอะแฟรมถูกยึดที่ขอบนอกเข้ากับตัวเรือน แกนเพลาที่ต่อกับไดอะแฟรมจะเคลื่อนที่ในแนวขนานกับไดอะแฟรม อากาศที่มีความดันจะเข้าทางด้านหลังของแผ่นไดอะแฟรมทางซ้ายมือ ขณะเดียวกันอากาศก็จะถูกไล่ออกไปทางด้านหลังของแผ่นไดอะแฟรมทางขวามือ ในวงจรการทำงานวาล์วจะเปิดให้อากาศที่มีความดันเข้าไปทางด้านหลังของแผ่นไดอะแฟรมทางด้านขวามือและไล่อากาศออกจากห้องทางด้านซ้ายมือ การเคลื่อนที่กลับไปกลับมาอย่างต่อเนื่องทำให้การดูดเข้าและปล่อยออกของของเหลวที่ถูกปั๊มเข้าและออกจากห้องแต่ละห้องมีผลต่อเนื่องปั๊มในรูปที่ 3.3 มีทางเข้าอยู่ด้านบนและทางออกอยู่ด้านล่างโดยมีเชควาล์วแบบกระพือ(flap-type) ปั๊มชนิดนี้สามารถส่งของแข็งมีขนาดเกือบเท่ากับขนาดของท่อได้ เนื่องจากทางออกอยู่ทางด้านล่างของปั๊มทำให้ปั๊มชนิดนี้เหมาะสมกับของแข็งที่แขวนลอย



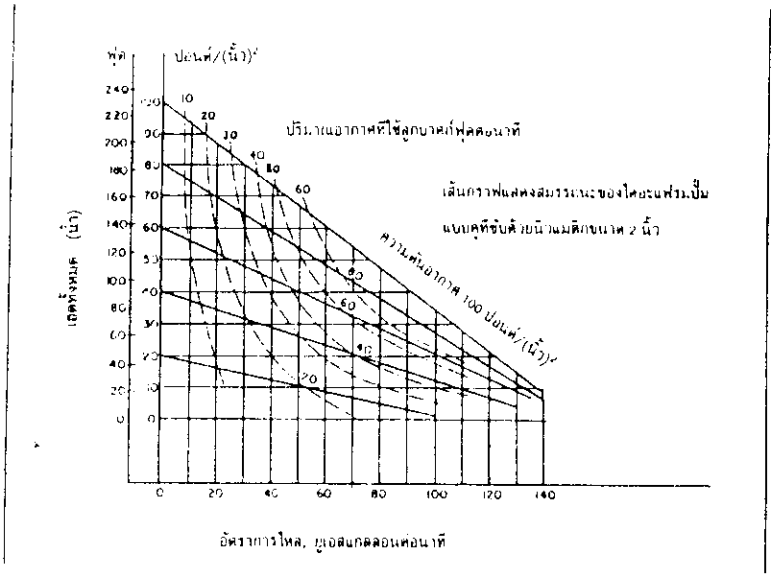

รูปที่ 3.5 ภาพตัดของไดอะแฟรมปั๊มแบบคู่ที่ขับด้วยลมที่มีเชควาล์วแบบกระพือ



รูปที่ 3.6 ไดอะแฟรมปั๊มแบบคู่ที่ชุดขับเป็นนิวแมติกพร้อมด้วยเชควาล์วแบบบอล์ล

วาล์วที่ใช้กระจายออกดังแสดงในรูปที่ 3.3 เข้าใจง่ายกว่าเพราะว่าเป็นปลั๊กวาล์วแบบ 4 ทาง เมื่อวาล์วหมุน 1/4 รอบทำให้อากาศไหลกลับเข้าและออกจากห้องของไดอะแฟรม ในทางปฏิบัติจะใช้สปูลวาล์ว4ทาง ในรูปที่ 3.5 เป็นรูปหน้าตัดของไดอะแฟรมปั๊มที่เป็นที่นิยมโดยใช้บอล์ลวาล์วทำหน้าที่เป็นเชควาล์ว รูปที่ 3.6 เป็นรูปของปั๊มเดียวกันโดยมีทางเข้าอยู่ด้านล่างและทางออกอยู่ด้านบนข้อได้เปรียบก็คือ ทำให้อากาศหรือไอสามารถถูกไล่ออกจากห้องของไดอะแฟรมได้ง่ายอากาศหรือไอในปั๊มที่มีทางออกทางด้างล่างที่ถูกดักเอาไว้จะลดอัตราการไหล ในขณะที่อากาศหรือไอถูกอัดและขยายตัวเข้าแทนที่ของเหลว วิธีการนี้จะนำไปใช้กับงานที่ต้องการอัตราการไหลค่อนข้างสูง

รูปที่ 3.7 แสดงแผนภูมิสมรรถนะของไดอะแฟรมปั๊มขนาด 2 นิ้ว ที่ขับด้วยนิวแมติก สังเกตว่าที่ความดันของอากาศที่ป้อนเข้ามาคงที่ ความดันทางออกของปั๊มจะลดลงขณะที่อัตราการไหลเพิ่มขึ้นคล้ายกับปั๊มแบบแรงเหวี่ยงที่มีเส้นแสดงสมรรถนะสูงขึ้น ลักษณะที่น่าสนใจของสมรรถนะของไดอะแฟรมปั๊มที่กลไกขับเป็นนิวแมติก ก็คือว่าความดันที่ทางออกยังคงเท่าเดิมสำหรับอัตราการไหลที่กำหนดให้และความดันทางออกที่กำหนดให้โดยไม่คำนึงถึงความถ่วงจำเพาะของของเหลวที่ถูกปั๊มสำหรับปั๊มแบบแรงเหวี่ยงความดันที่ทางออกเป็นสัดส่วนกับความถ่วงจำเพาะของของเหลวที่ถูกปั๊ม รูปที่ 3.7 แสดงถึงปริมาณอากาศที่ใช้ลดลงขณะที่อัตราการไหลลดลง ปริมาณอากาศที่ใช้เป็นสัดส่วนกับอัตราการปั๊มออกไป ไม่มีการใช้อากาศที่อัตราการไหลเป็นศูนย์และปริมาณอากาศที่ใช้สูงสุดที่อัตราการไหลสูงสุดซึ่งเป็นลักษณะที่สำคัญคือทำให้ประยุกต์ใช้งานได้มากขึ้นเมื่ออัตราการไหลมีช่วงกว้างขึ้น หรือจากไม่มีการไหลถึงการไหลตามต้องการเหมือนกับการเปิดก๊อกน้ำ




รูปที่ 3.7 เส้นกราฟแสดงสมรรถนะของไดอะแฟรมปั๊มแบบคู่ที่กลไกขับเป็นแบบนิวแมติก

### 3.2 โครงสร้างของวัสดุ

เช็ควาล์วของไดอะแฟรมปั๊มมีอยู่ 3 ชนิดคือแบบบอล์ลวาล์ว, แบบกระพือ,และแบบรูปเห็ด(poppet) วาล์วแบบกระพือปรกติจะแขวนอยู่ในแนวดิ่งโดยมีการไหลผ่านวาล์วในแนวนอน ข้อได้เปรียบที่สำคัญคือสามารถส่งถ่ายวัตถุแขวนลอยที่มีขนาดใหญ่ได้ วาล์วแบบกระพือจะถูกยึดด้วยยางยึดหยุ่นให้สามารถกระพือได้ดี บอลล์วาล์วขึ้นอยู่กับแรงผลักของไหลที่ผ่านเข้ามาจะยกบอลล์วาล์วเปิดออก ดังนั้นบ่าของวาล์วจะอยู่ในแนวนอนและมีการไหลในแนวดิ่งผ่านบ่าวาล์ว

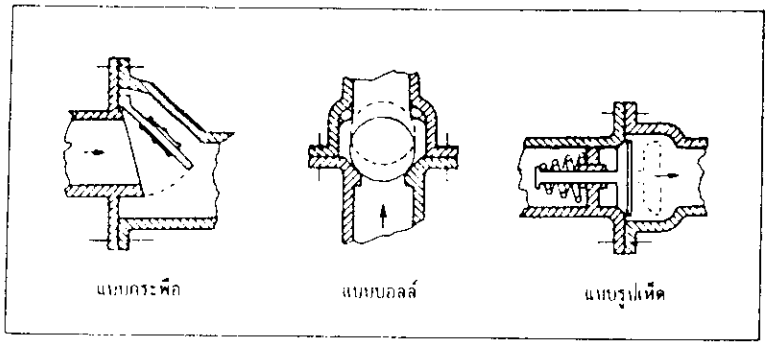
วาล์วแบบลูกเห็ดเคลื่อนที่โดยอาศัยก้านวาล์วและโหลดบนสปริงดังนั้นสามารถปรับให้อยู่ที่ตำแหน่งใด ๆ ก็ได้ เมื่อไดอะแฟรมปั๊มสามรถใช้ปั๊มสารพวกของเหลวผสมของแข็งที่ก่อให้เกิดการขัดสี วาล์วจะมีผิวหน้าเครื่องด้วยสารอีลาสโตมอร์ หรือลูกบอลก็อาจทำจากสารอีลาสโตมอร์ สำหรับบอล์ลที่มีขนาดใหญ่อาจจะมีแกนกลางเป็นโลหะแล้วหุ้มด้วยยางสังเคราะห์หรืออาจจะเป็นยางแข็งทั้งหมด แผ่นไดอะแฟรมทำมาจากยางสังเคราะห์เสริมใยเหล็กเพิ่มความแข็งแรง วัสดุที่ทำไดอะแฟรมนี้ที่เป็นยางสังเคราะห์อาจจะเป็นนีโอพรีน ,บูน่า-เอ็น ,บูทิล,ไวทัลและเทปล่อน

### 3.3 การปั๊มของที่แห้ง

ไดอะแฟรมปั๊มสามารถปั๊มอากาศพร้อมด้วยของเหลวและปั๊มชนิดนี้ยังสามารถปั๊มผงที่แห้งได้ด้วย อากาศจะทำหน้าที่เป็นของไหลตัวกลางทำให้ผงแขวนลอยอยู่และการทำงานของปั๊มจะทำให้อากาศที่มีผงลอยเคลื่อนที่ บางครั้งก็จำเป็นต้องฉีดอากาศเข้าไปในผง เพื่อให้ความถ่วงจำเพาะต่ำลงและให้ผงเข้าไปแขวนลอยอยู่ในอากาศได้ดี

### 3.4ขีดจำกัดของไดอะแฟรมปั๊มที่ขับด้วยอากาศ

ขีดจำกัดในทางปฏิบัติสำหรับขนาดของปั๊ม ที่อัตราการไหลมากกว่า 250 แกลลอน/นาที อากาศที่มีความดันและส่วนประกอบของปั๊มจะสูงมากถ้าอัตราการไหลมากจะใช้วิธีปั๊มหลายๆตัวมาต่อขนานกันจะมีราคาถูกกว่า และไม่มีปัญหาในการติดตั้งไดอะแฟรมปั๊มแบบคู่ที่ขับด้วยนิวแมติกในแบบขนาน




รูปที่ 3.8 ลักษณะของเชควาล์วชนิดต่างๆ

#### 3.4.1ขีดจำกัดของความดัน

จริงๆแล้วไม่มีขีดจำกัดความดันของปั๊มอากาศที่มีความดันมากกว่า 125 ปอนด์/ตารางนิ้ว ไม่สามารถจะใช้ได้เนื่องจากมีขีดจำกัดในการออกแบบปั๊มและการผลิต ถ้าสามารถออกแบบปั๊มและผลิตให้รับความดันสูงได้ ก็สามารถให้ความดันอากาศที่สูงขึ้นไป

#### 3.4.2การควบคุมปั๊ม

อุปกรณ์ควบคุมความดันของอากาศที่ให้แก่ไดอะแฟรมจะเป็นตัวควบคุมความดันของการปั๊มและวาล์วในท่อส่งอากาศที่มีความดันจะควบคุมอัตราการไหล ดังนั้นความดันและอัตราการไหลก็ควบคุมได้ง่าย

#### 3.4.3สรุปขีดจำกัดของไดอะแฟรมปั๊ม

ก. ในการปฏิบัติอัตราการไหลสูงสุดไม่เกิน 250 แกลลอน/นาที

ข. ในทางปฏิบัติความดันสูงสุดไม่เกิน 125 ปอนด์/ตารางนิ้ว

ไดอะแฟรมในปั๊มที่ขับด้วยนิวแมติกไดอะแฟรมทั้งสองแผ่นจะต้องสมดุลและเป็นตัวแยกอากาศออกจากสารที่จะปั๊มออกไป การไม่สมดุลจะปรากฏในลักษณะดูดของไดอะแฟรมตัวใดตัวหนึ่งขณะที่ถูกถึงด้วยเพลาที่ต่อกับไดอะแฟรมอีกตัวหนึ่ง เมื่อระยะยกทางด้านดูด (suctoin lift) มีน้อยการไม่สมดุลอาจจะไม่คำนึงถึง

**3.4.4ข้อได้เปรียบและข้อจำกัด**

ไดอะแฟรมปั๊มเหมาะสมสำหรับการใช้งานที่มีสารขัดสีที่เป็นส่วนผสมของแข็งกับของเหลวที่ผ่านเชควาล์วและห้องไดอะแฟรมไม่เกินความเร็วภายในท่อ ดังนั้นจะมีการขีดข่วนและเสียดสีจากสารจำพวกของแข็งผสมของเหลวน้อยมาก

เนื่องจากไม่มีส่วนใดส่วนหนึ่งของปั๊มมีการเสียดสีและความเร็วค่อนข้างต่ำ และดังนั้นปั๊มชนิดนี้สามารถใช้กับของเหลวที่ความหนืดถึง 50000 SSU ของไหลที่เข้ามีเทอร์บูเลนท์น้อย ดังนั้นจะเหมาะสมกับวัสดุที่ไวต่อแรงเฉือน เช่น ลาเท็กซ์ เป็นต้น การทำงานของไดอะแฟรมปั๊มความดันสูงสุดจะไม่เกินความดันของอากาศที่อัดมาให้กำลังแก่ปั๊ม

*ข้อได้เปรียบ*

ก. ไม่ต้องล่อของไหลแม้ว่าของไหลอยู่ในสภาพที่แห้ง

ข. สามารถปรับอัตราการไหลและความดันๆ ก็ได้โดยให้อยู่ในช่วงความสามารถของปั๊ม

ค. ไม่มีซีลหรือประเก็นเชือก

ง. สามารถลดอัตราการไหลให้ถึงศูนย์ได้

จ. กันระเบิด ดังนั้นสามารถใช้ในสภาวะแวดล้อมที่เป็นอันตรายได้

ฉ. เดินตัวเปล่าได้

ช. กำลังที่ใช้เป็นอัตราส่วนกับอัตราการไหล

ซ. สามารถใช้ในที่แคบโดยไม่เกิดความร้อนสูง

ฌ. สามารถใช้กับพวกของแข็งผสมของเหลวที่มีการเสียดสี

ญ. สามารถใช้กับของเหลวที่มีความหนืดได้ถึง 50,000 SSU

ฎ. สามารถใช้กับวัสดุที่ไวต่อแรงเฉือน

ฏ. สามารถปั๊มผงที่แขวนลอยในอากาศได้

ฐ. ไม่มีการรั่ว

ฑ. ง่ายต่อการบำรุงรักษาและซ่อมแซม

ฒ. ไม่มีแท่นหรือคับปลิ้งที่จำเป็นต้องตั้งศูนย์

ณ. สามารถใช้กับสารเคมีที่กัดกร่อนอย่างรุนแรง

ด. ใช้กับของเหลวและของแข็งได้มากกว่าปั๊มแบบอื่น

**3.5 ปั๊มโรตารี** ( rotary pump)

ดังที่ได้เคยกล่าวถึงปั๊มแบบรีซิโปรเคตติ้ง (recipro-cating pump) ซึ่งเป็นแบบที่ชิ้นส่วนซึ่งทำหน้าที่ดูดและอัดของเหลวมีการเคลื่อนที่แบบกลับไปกลับมา เช่นเดียวกับการเคลื่อนที่ของลูกสูบเครื่องยนต์ในบทนี้จะได้กล่าวถึงปั๊มอีกแบบหนึ่งซึ่งการดูดและอัดเกิดจากชิ้นส่วนซึ่งเคลื่อนที่แบบหมุน ได้แก่ปั๊มโรตารี่

**ลักษณะทั่วไป**

ปั๊มโรตารี่มีหลักการทำงานเช่นเดียวกับปั๊มแบบรีซิโปรเคตติ้ง คือทำให้เกิดช่องว่าง (cavities) ให้ของเหลวไหลเข้าสู่ปั๊ม แล้วจะถูกอัดต่อไปยังด้านออกปั๊มแบบนี้ต่างจากปั๊มแบบรีซิ-โปรเคตติ้งตรงที่ลักษณะการอัด ปั๊มแบบรีซิโปรเคตติ้งจะอัดเป็นจังหวะ ๆ ทำให้ของเหลวไหลไม่สม่ำเสมอ แต่ปั๊มโรตารี่ของเหลวจะไหลอย่างสม่ำเสมอ

ปั๊มโรตารี่จะมีเสื้อปั๊ม (casing) อยู่กับที่ ภายในเสื้อปั๊มอาจเป็นเกียร์ลูกเบี้ยว (cam) เวน (vane) สกรูหรืออื่น ๆ หมุนอยู่ โดยมีช่วงว่าง (clearance) น้อยมาก เนื่องจากปั๊มแบบนี้มีช่วงว่างระหว่างตัวโรเตอร์และเสื้อปั๊มน้อย ดังนั้นของเหลวที่ใช้กับปั๊มโรตารี่จึงต้องเป็นของเหลวที่สะอาดปราศจากของแข็งแขวนลอยอยู่

**แบบต่าง ๆ ของปั๊มโรตารี่**

ปั๊มโรตารี่มีอยู่หลายแบบ มักแบ่งตามลักษณะของตัวโรเตอร์ ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

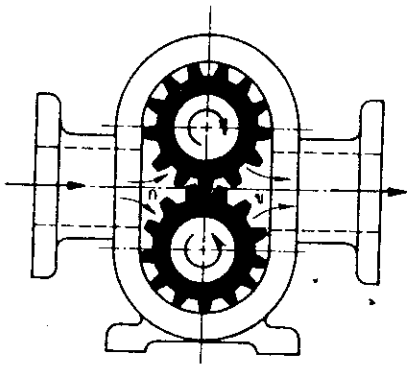
**3.5.1ปั๊มแบบเกียร์** (Gear pump) ใช้กันมากในระบบไฮโดรลิค (hydraulic power system) เพราะนอกจากจะมีโครงสร้างง่าย ๆ ราคาถูกกว่าเมื่อกำลังเท่ากันมันยังสามารถทำให้เกิดความดันสูง ๆ ได้ ปริมาณของของเหลวที่ปั๊มได้ขึ้นกับขนาดและความลึกของร่องฟันเกียร์ เกียร์ที่ใช้อาจเป็นเกียร์ฟันตรง (spur gear) หรือเกียร์ฟันเฉียง (helical gear) เกียร์ฟันเฉียงจะทำงานได้เงียบกว่าแบบฟันตรงและสามารถใช้กับงานหนักและความเร็วสูงได้ ปั๊มแบบเกียร์ยังแบ่งเป็นแบบย่อย 2 แบบได้แก่

**3.5.1.1 แบบเกียร์ฟันนอก** (External gear) แบบนี้เป็นปั๊มโรตารี่แบ่งง่าที่สุด มีเกียร์ฟันนอกสองตัวขบกันดังรูปที่ 3.9 ฟันเกียร์ทางด้าน ก จะพาเอาของเหลวหมันไปรอบ ๆ จนถึงทางด้าน ข ซึ่งมันจะถูกอัด (เนื่องจากการขบของฟันเกียร์) ทำให้ความดันสูงขึ้น และไหลออกทางด้านออก

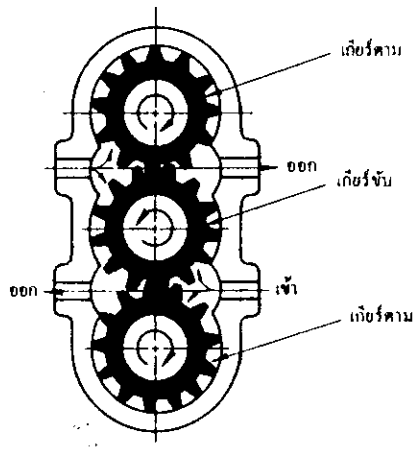
ในรูปที่ 3.10 เป็ นแบบเกียร์ 3 ตัว (three gears pump) ซึ่งถ้าหากขนาดของเกียร์เท่ากันแล้วมันจะสามารถปั๊มของเหลวได้เกือบ 2 เท่าของแบบเกียร์ 2 ตัว แต่โครงสร้างของเกียร์นี้ยุ่งยากกว่า

**3.5.1.2 แบบเกียร์ฟัน** (Internal gear) บางทีเรียกว่า **creacent gear pump หรือ gerotor pump** ดังในรูปที่ 3.11 หลักการทำงานนั้นเหมือนกับแบบเกียร์ฟันนอกทุกประการ เกียร์นอกจะเป็นตัวขับและเกียร์ฟันในจะเป็นตัวตาม ส่วนที่มีลักษณะคล้ายพระจันทร์ครึ่งเสี้ยว (creacent) นอก

-จากเป็นตัวทำให้เกียร์ทั้งสองขบกันตลอดเวลาแล้วยังเป็นตัวกันไม่ให้ของเหลวไหลย้อนกลับจากด้านออกไปยังด้านเข้าด้วยปั๊มแบบนี้มักใช้กับความ
ของเกียร์ทั้งสองต่างกันเพียงฟันเดียว โปรดสังเกตว่าปั๊มนี้ไม่มีตัวกัน (separator) ระหว่างด้านเข้าและด้านออก แบบในรูปที่ 3.11



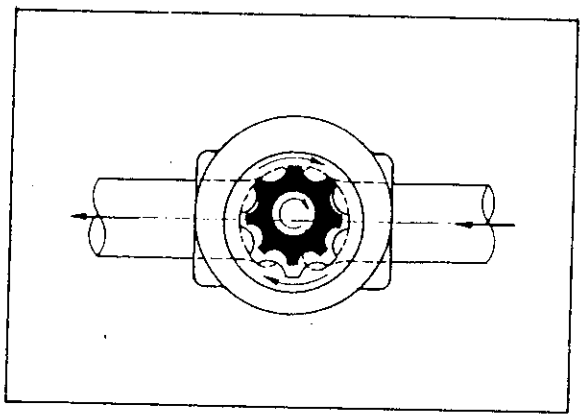
รูปที่ 3.9 ปั๊มแบบเกียร์ฟันนอก



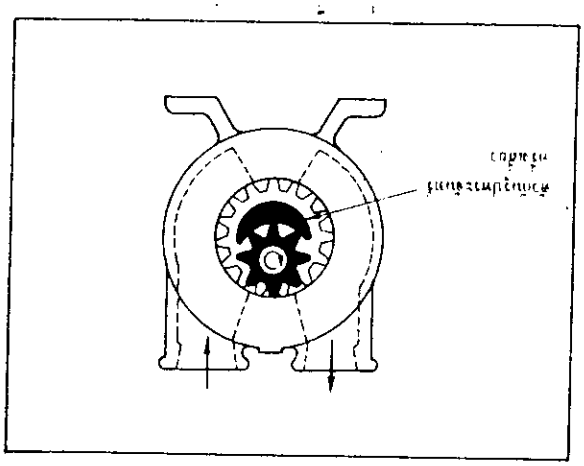

รูปที่ 3.10 ปั๊มแบบเกียร์ 3 ตัว

**3.5.2 โลบูล่าปั๊ม** (Lobular pump) ปั๊มแบบนี้ก็คือปั๊มแบบเกียร์ที่มีจำนวนฟันสองสามฟันนั่นเอง และดัดแปลงรูปร่างลักษณะให้เหมาะสมตัวโรเตอร์อาจมีจำนวน lobe เป็นสอง สาม สี่ หรือมากกว่าก็ได้ ตัวโรเตอร์ทั้งสองต้องมีตัวขับ โดยปกติตัวขับจะเป็นเกียร์อีกชุดหนึ่ง ซึ่งทำให้ lobe มีจังหวะขบกันพอดี (synchronized) การไหลของของเหลวสำหรับปั๊มแบบนี้มีความสม่ำเสมอสู้แบบเกียร์ไม่ได้เพราะในแต่ละรอบของการหมุนของโรเตอร์ ของเหลวจะถูกอัดจำนวนครั้งน้อยกว่า แต่ว่าแต่ละส่วนที่ถูกอัดจะมีปริมาณมากกว่า

**3.5.3 เวน-ปั๊ม** (Vane pump) แบ่งเป็นแบบต่าง ๆ หลายแบบได้แก่



รูปที่ 3.11 ปั๊มแบบเกียร์ฟันใน



รูปที่ 3.12 ปั๊มแบบเกียร์ฟันใน

**3.5.3.1 เวนแบบเคลื่อนเข้า-ออก** (Sliding vore pump) รูปที่ 3.16 ตัวโรเตอร์และเสื้อปั๊ม (casing bore) มีลักษณะเป็นทรงกระบอก ประกอบเยื้องศูนย์กลางกัน ตัวโรเตอร์เจาะเป็นร่อง มีแผ่นโลหะสอดอยู่ในร่องแผ่นโลหะเลื่อนเข้าออกในร่องได้การหมุนของตัวโรเตอร์จะเหวี่ยงให้แผ่นโลหะ หรือเวน(vane) นี้ เลื่อนไปสัมผัสกับเสื้อปั๊มตลอดเวลาโดยปกติแล้วความเร็วของตัวโรเตอร์ที่สามารถเหวี่ยงให้เวนนี้สัมผัสกับเสื้อปั๊มตลอดเวลาจะต้องเกิน 600 รอบต่อนาที ถ้าความเร็วสูงไม่พอของเหลวจะรั่วผ่านเวนจากด้านเข้าไปยังด้านออกได้มาก และประสิทธิภาพจะตกลง

ปั๊มแบบนี้เป็นปั๊มที่มีประสิทธิภาพสูงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความดันต่ำกว่า 1000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ง่ายต่อการบำรุงรักษาและเปลี่ยนชิ้นส่วนได้ง่าย ความสึกหรอของเวนก็ไม่เป็นปัญหา เพราะแม้มันจะสึกหรอไปมันก็ยังคงถูกเหวี่ยงให้สัมผัสกับเสื้อปั๊มได้

รูปที่ 3.17 เป็น balanced vane pump ตัวเสื้อปั๊มเป็นรูปวงรี การออกแบบนี้เพื่อเป็นการทำให้เกิดการสมดุลย์ของแรงที่กระทำต่อเพลาเพราะแรงกระทำตรงข้ามกันพอดี

**3.5.3.2 เวนแบบเหวี่ยง**(Swing vene pump) แทนที่เวนจะเคลื่อนเข้าออกตามร่อง ปั๊มแบบนี้อาศัยแรงหนีศูนย์กลางเหวี่ยงให้เวน ซึ่ง pivot ไว้ดังรูปที่ 3.18 ไปสัมผัสกับเสื้อปั๊มหลักการทำงานที่จะทำให้เกิดการปั๊มของเหลวก็เหมือนกับแบบเวนแบบเลื่อนเข้าออก คือใช้การเยื้องศูนย์ทำให้ปริมาตรแต่ละช่องระหว่างเวนเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

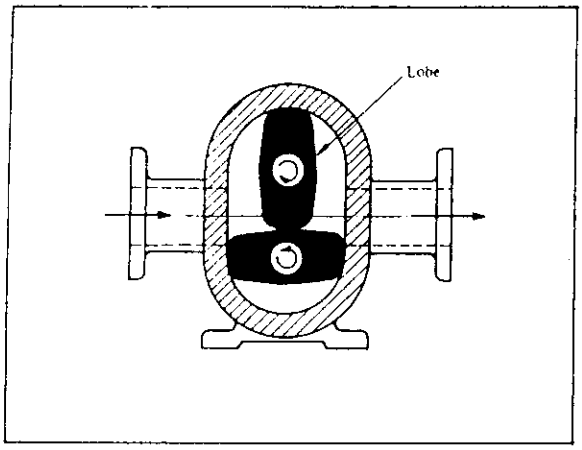
**3.5.3.3 เวนแบบยืดหยุ่น**(Flexible vane pump) ดังรูปที่ 3.19 ตัวโรเตอร์ทำด้วยสารยืดหยุ่น ได้แก่ยางติดตั้งให้เยื้องศูนย์กลางกับศูนย์กลางของเสื้อปั๊ม การทำงานของปั๊มแบบนี้ก็อาศัยแรงหนีศูนย์กลางบ้างเหมือนกัน แต่ส่วนใหญ่จะอาศัยความยืดหยุ่นของยางเนื่องจากเวนทำด้วยยาง ดังนั้นปั๊มแบบนี้จึงสามารถใช้กับของเหลวที่มีของแข็งแขวนลอยอยู่ได้

**3.5.4 ปั๊มแบบลูกเบี้ยวและลูกสูบ** (Cam and piston pump หรือ rotary plunger pump) ดังรูปที่ 3.20 การหมุนของเพลาทำให้ตัวโรเตอร์หรือลูกเบี้ยวขังของเหลวไว้ใน casing และเมื่อหมุนต่อไปมันจะอัดของเหลวนั้น ซึ่งขณะเดียวกันตัวลูกสูบซึ่งมีช่องว่าง (slot) จะเคลื่อนต่ำลงมา ของเหลวจะไหลออกสู่ด้านออกผ่านช่องนี้ จนกระทั่งตัวลูกเบี้ยวนี้หมุนมาสู่ตำแหน่งเดิม มันจะเริ่มทำงานในรอบใหม่ เป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ

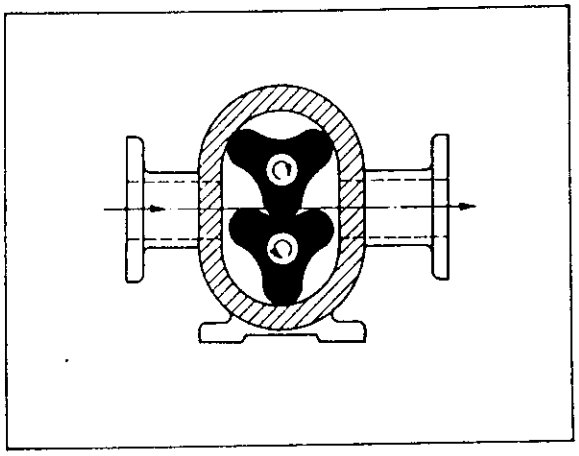
**3.5.5 สกรูปั๊ม** (Screw pump)ปั๊มนี้ใช้สกรูเป็นตัวอัดของเหลวการหมุนของตัวสกรูจะพาของเหลวไปตามแนวแกนของสกรูจนถึงทางออก สกรูปั๊มอาจเป็นแบบสกรูเดียว สกรูสองตัว หรือสามตัว ก็ได้ดังรูปที่ 3.22 , 3.23 และ 3.24

**3.5.6 แบบ Rubber Tube** หรือเรียกว่า " **Squee-gee**" หลักการทำงานคล้ายกับปั๊มแบบเวนแบบยืดหยุ่น (flexible vane) แต่ตัวโรเตอร์ไม่ได้มีลักษณะเป็นซี่ ๆ แบบเวนดังรูปที่ 3.21 ส่วน ก เป็นส่วนที่เป็นยางมันจะเปลี่ยนรูปร่างไปตามตำแหน่งของตัวโรเตอร์ ข ซึ่งเคลื่อนแบบเยื้องศูนย์

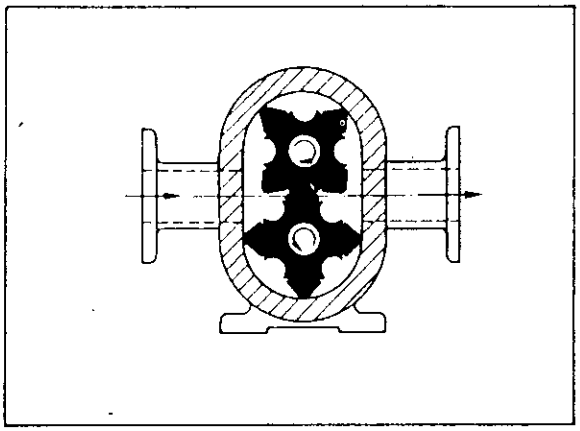
นอกจากที่กล่าวมาแล้ว ยังมีปั๊มโรตารี่แบบอื่น ๆ อีกที่ออกแบบแปลกออกไป แต่การทำงานก็ยังคงเหมือน ๆ กับแบบที่ได้กล่าวมาแล้ว



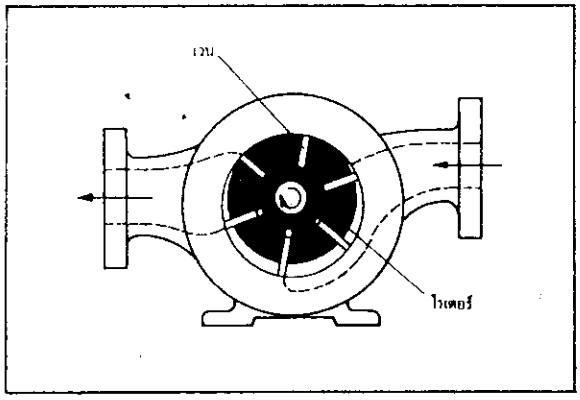

รูปที่ 3.13 โลบูลาปั๊มแบบ 2 โหลบ



รูปที่ 3.14 โลบูลาปั๊มแบบ 3 โหลบ



รูปที่ 3.15 โลบูลาปั๊มแบบ 4 โหลบ




รูปที่ 3.16 เวนปั๊มแบบเวนเคลื่อนเข้าออก

**สรุปลักษณะการใช้งานของปั๊มโรตารี่**

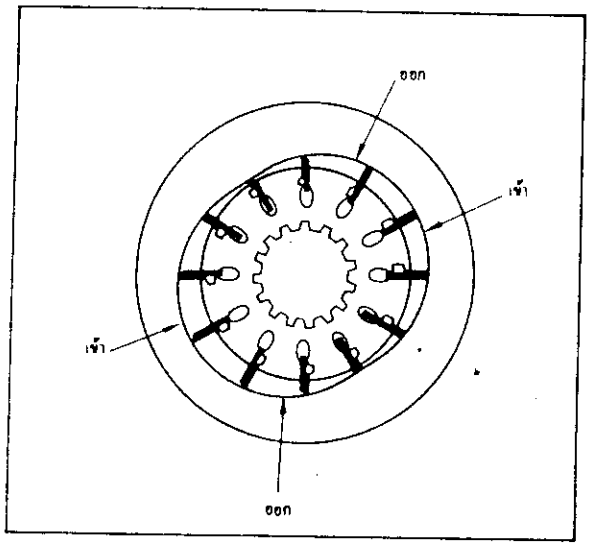
1. ของเหลวที่สะอาดไม่กัดกร่อนตัวปั๊ม ยกเว้นปั๊มที่มีชิ้นส่วนทำด้วยยาง อาจใช้กับของเหลวที่มีของแข็งแขวนลอยได้

2. ช่วงของความหนืดของของเหลวที่ใช้กับปั๊มโรตารี่มีช่วงกว้าง ปั๊มบางตัวมีการใช้ไอน้ำให้ความร้อนรอบ ๆ เสื้อปั๊ม (steam jacket) เพื่อควบคุมความหนืด และป้องกันการแข็งตัว

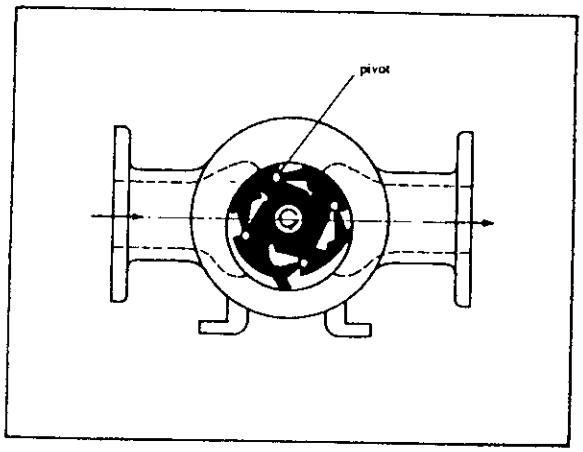
3. ใช้ได้กับความดันสูงถึง 1000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว สำหรับของเหลวที่ไม่มีคุณสมบัติหล่อลื่น(non lubricant) และใช้ได้ถึงความดันเกิน 1000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว สำหรับของเหลวที่มีคุณสมบัติหล่อลื่นในตัว(lubricant)

4. ของเหลวที่มีความหนืดต่ำเป็นไอได้ง่าย รวมทั้งของเหลวที่มีแก๊สและไอปนอยู่

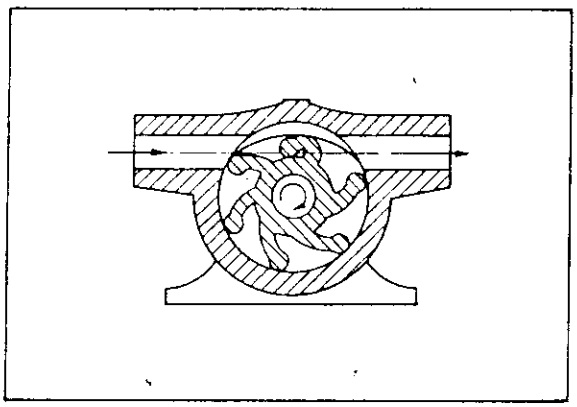
5. ใช้ได้กับช่วงความดันกว้างแม้ว่าปริมาณการไหลจะน้อย
6. ใช้วัดปริมาณการไหล (metering)



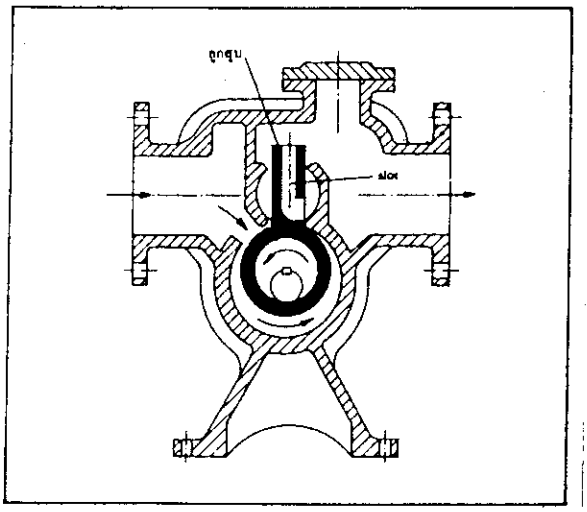

รูปที่ 3.17 เวนปั๊มอีกแบบหนึ่ง



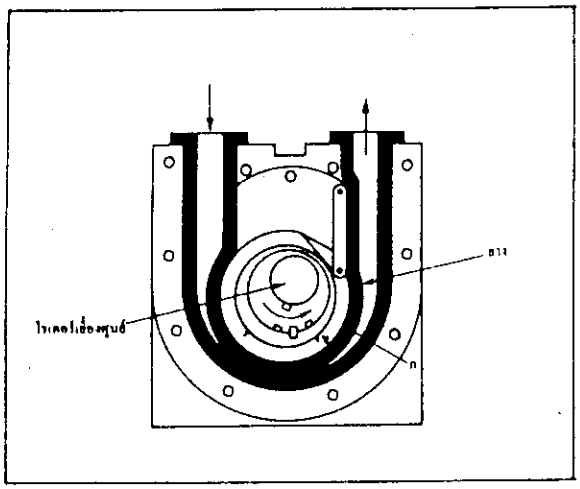

รูปที่ 3.18 เวนปั๊ม-เวนแบบเหวี่ยง



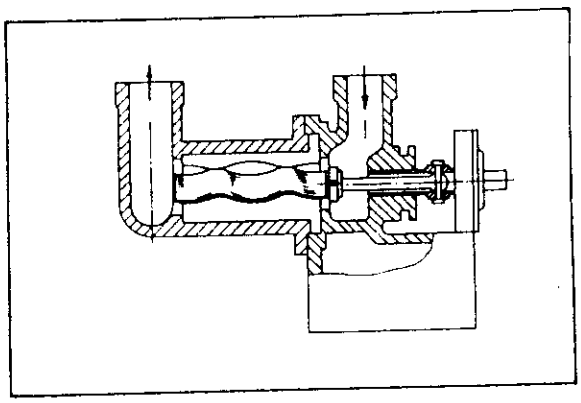
รูปที่ 3.19 เวนปั๊ม-เวนแบบยืดหยุ่น



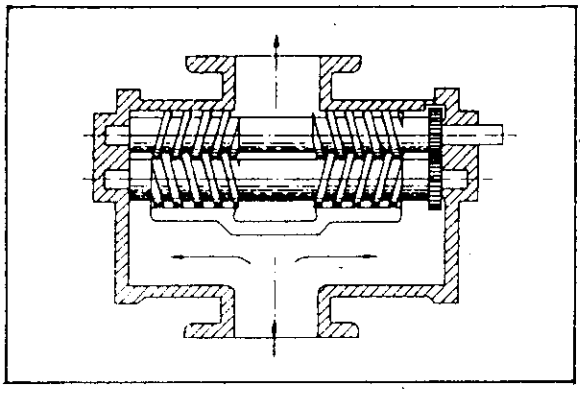

รูปที่ 3.20 ปั๊มแบบลูกเบี้ยวและลูกสูบ



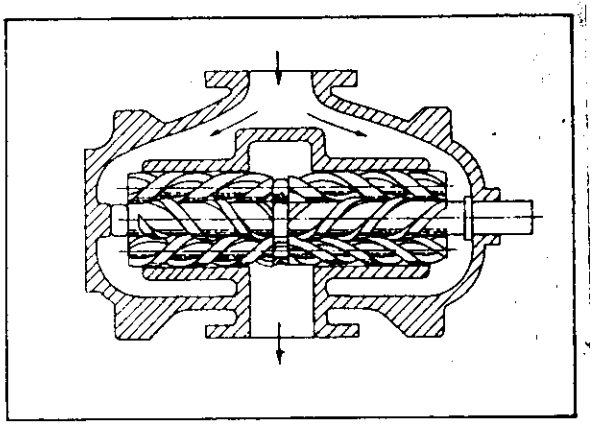
รูปที่ 3.21 ปั๊มแบบ Squeegee



รูปที่ 3.22 ปั๊มแบบสกูลเดียว



รูปที่ 3.23 ปั๊มแบบสกรูคู่



รูปที่ 3.24 ปั๊มแบบสกรู 3 ตัว

**ข้อดีและข้อเสียของปั๊มโรตารี**

| ข้อดี | ข้อเสีย |
|---|---|
| 1. ราคาถูก<br>2. กะทัดรัด กินเนื้อที่น้อยกว่า<br>3. ช่วงของ capacity และ head กว้าง<br>4. ใช้กับไอได้<br>5. Self priming คือติดเครื่องก็เริ่มปั๊มได้เองเลย โดยไม่ต้องมีการเติมของเหลวให้เต็มตัวปั๊มก่อน แบบในหอยโข่ง<br>6. มีหลายแบบที่สามารถทำงานได้ 2 ทิศโดยลักษณะการทำงาน ( performance) เหมือนกัน ทำให้การต่อท่อสำหรับงานบางอย่างง่ายขึ้นมาก<br>7. ส่วนมากไม่ต้องมีวาล์ว | 1. ใช้ได้เฉพาะของเหลวที่สะอาด ไม่กัดกร่อน เนื่องจากต้องการ clearance น้อย<br>2. วัสดุที่ใช้ทำตัวปั๊มจำกัดเนื่องจากต้องมี wear strength สูง คือทนต่อความสึกหรือได้ดี<br>3. ต้องมี relieving valve ป้องกันการเกิดความดันสูงเกินไป<br>4. Volumetric efficiency ต่ำที่ความเร็วต่ำ |

**สรุป**

ที่กล่าวมาข้างต้นนี้เป็นหลักการและชนิดของปั๊มแบบโรตารีและแบบไดอะแฟรมสำหรับการหาเครื่องต้นกำลังนั้นเราจะสามารถหาจากรายละเอียดที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้

## 3.6 การเลือกมอเตอร์ของเครื่องอัดอากาศ (compressors)

**ขั้นตอนกรรมวิธีการเลือกเครื่องอัด**

ดูแผนภูมิระบุขั้นตอน

**ขั้นตอนกรรมวิธีการเลือกมอเตอร์สำหับเครื่องอัด**

ดูแผนภูมิระบุขั้นตอน

**ชนิดของเครื่องอัดและลักษณะการต่อมอเตอร์แบบต่างๆ**

ซึ่งได้กล่าวไว้แล้วข้างต้นเครื่องอัดจะมีลักษณะเดียวกับพัดลมและโบลวเวอร์ เพียงแต่ถ้ามีความดันทางด้านปล่อยออกสูงเกิน 10 เมตร ปรอท ก็เรียกชื่อว่าเครื่องอัด

**3.6.1 เครื่องอัดแบบเทอร์โบ**

เทอร์โบโบลวเวอร์ที่มีความดันทางด้านออก 10 เมตร ปรอท ขึ้นไปเรียกว่าเครื่องอัดแบบเทอร์โบ เครื่องอัดชนิดนี้จะมีสภาพการทำงานที่สามารถปล่อยก๊าซที่มีส่วนผสมเสมอกันได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งเหมาะสมที่จะใช้ในเครื่องมือประเภทที่ต้องการความดันต่ำและมีปริมาณการไหลของก๊าซมาก การต่อมอเตอร์อาจจะต่อโดยตรงหรือผ่านเกียร์เพื่อทดรอบ ทำให้ตัวโรเตอร์ของเครื่องอัดหมุนด้วยความเร็วสูง

**3.6.2 เครื่องอัดชนิดช่วงชัก**

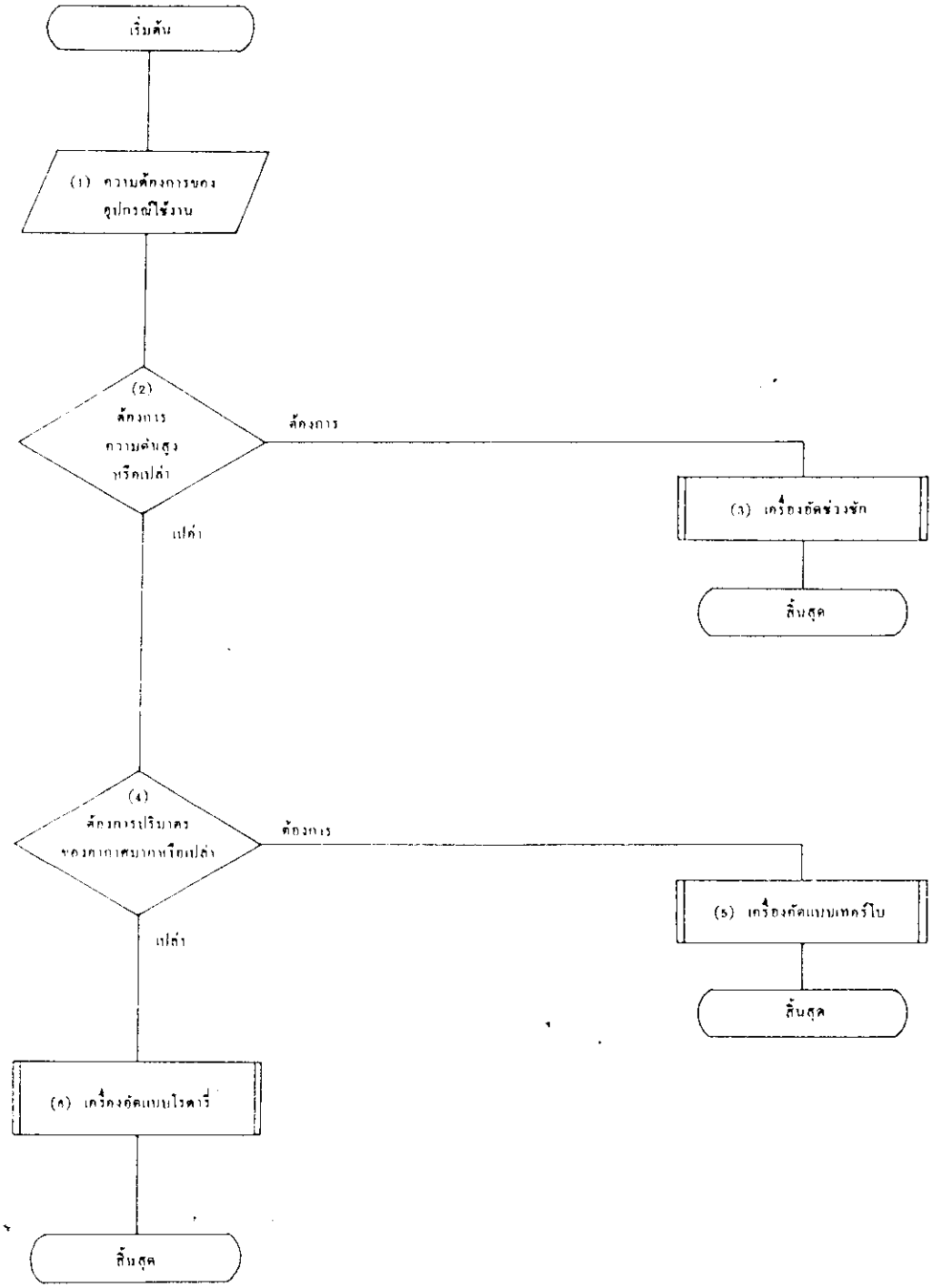
ความดันจะเกิดขึ้นโดยการเคลื่อนตัวของลูกสูบในกระบอกสูบ ลักษณะเครื่องอัดชนิดนี้เหมาะสำหรับความดันสูง ( 5 กก. / ซม$^3$ ขึ้นไป) ในลักษณะทั่วไปสำหรับการทำงานที่ความเร็วรอบต่ำจะต่อเพลาโดยตรงเข้ากับมอเตอร์ที่มีจำนวนขั้วมากหรือต่อสายพาน, เครื่องอัดชนิดนี้นิยมใช้ทั่วไปในอุตสาหกรรม

**3.6.3 เครื่องอัดแบบโรตารี**

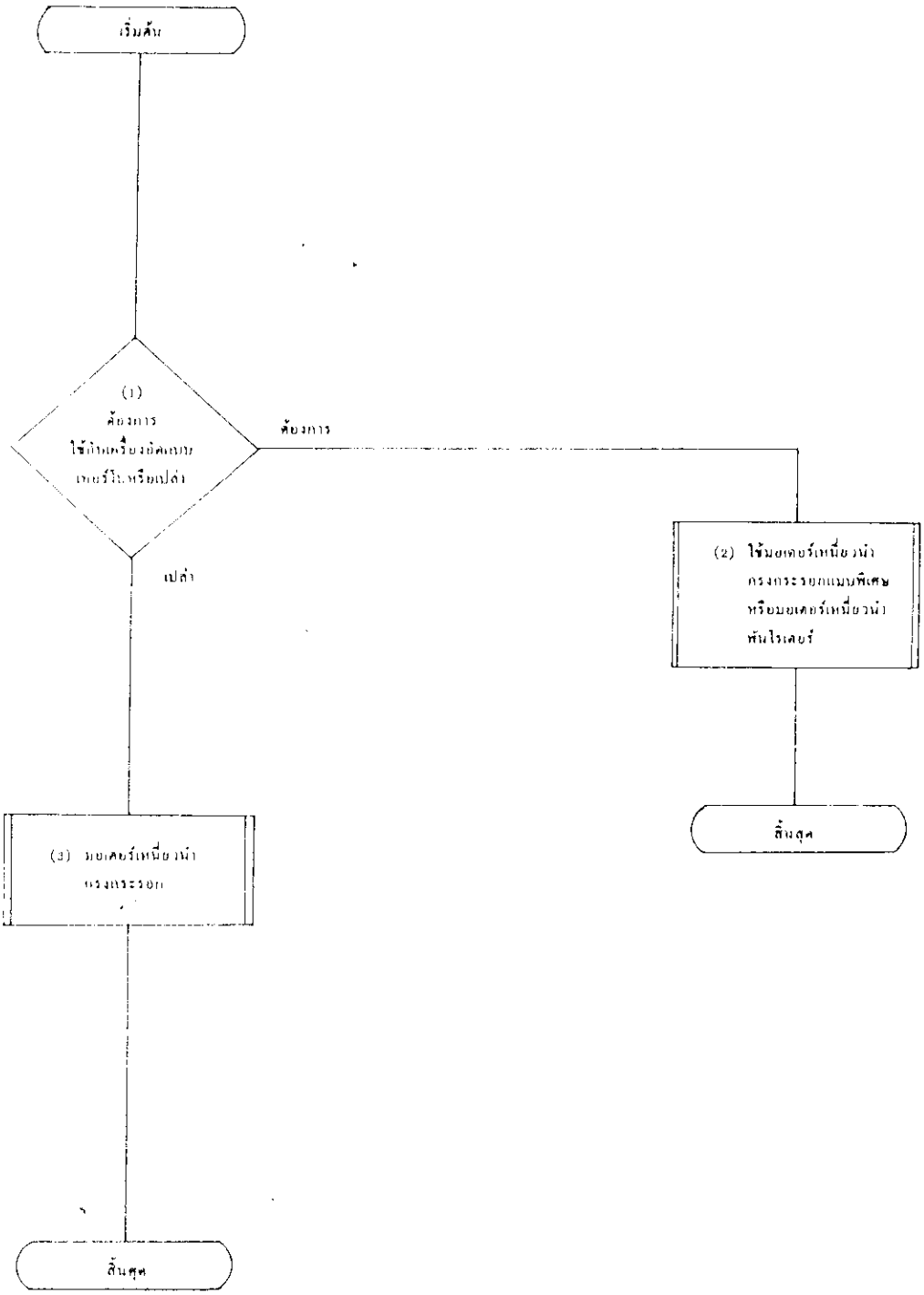
แรงอัดเสื้อสูบเกิดขึ้นจากโรเตอร์ที่มีลักษณะไม่อยู่จุดกึ่งกลางมอเตอร์ชนิดนี้มักต่อเพลาโดยตรงและมีการทำงานที่อัตราความเร็วรอบสูง

รูปที่ 3.25 (ก) แสดงถึงลิ้นใบพัดที่เคลื่อนตัวตามแนวรัศมีได้ของเครื่องสูบแบบโรตารี ลิ้นใบพัดที่เคลื่อนตัวได้นี้จะกดอยู่กับเสื้อสูบโดยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ในขณะที่เคลื่อนตัวไป ปริมาตรของอากาศก็จะแปรเปลี่ยนลดลงไป ทำให้เกิดการอัด

# แผนภูมิระบุขั้นตอน

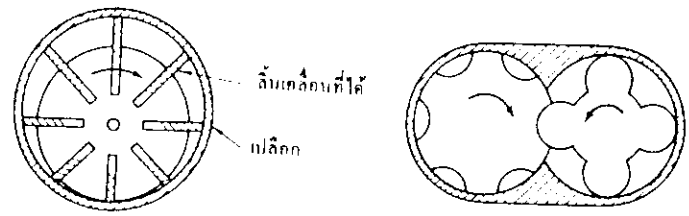


# แผนภูมิระบุขั้นตอน



### 3.6.4 เครื่องอัดแบบเกลียวหมุน

รูปที่ 3.25 ข. แสดงเครื่องอัดแบบเกลียวหมุนอันเป็นเครื่องอัดแบบโรตารีชนิดหนึ่ง การหมุนของเกลียวสองตัวในทิศทางตรงกันข้ามจะผลักดันให้ก๊าซไหลในแนวแกน เครื่องอัดชนิดนี้จะมีค่า $GD^2$ ต่ำ ซึ่งจะทำให้สามารถสตาร์ทด้วยแรงบิดต่ำๆได้




(ก) เครื่องอัดลมชนิดลิ้นเคลื่อนที่ได้ (ข) เครื่องอัดลมชนิดหมุน

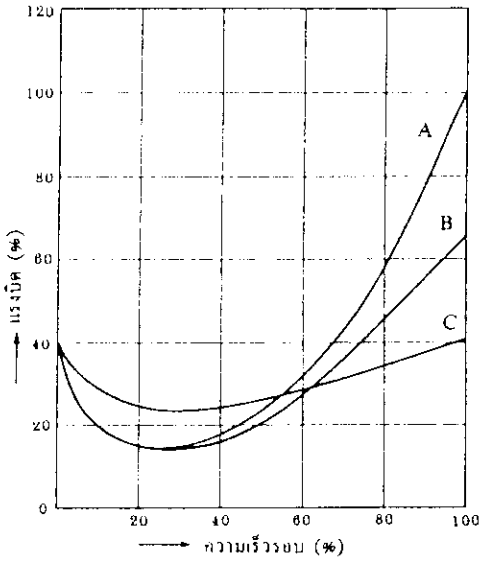
รูป 3.25 หลักการของเครื่องอัด

### 3.7สมบัติแรงบิดของเครื่องอัด

โดยที่เครื่องอัดจะสตาร์ทขณะเกือบที่จะไม่มีโหลดเลย ดังนั้นแรงบิดขณะเริ่มสตาร์ทจะไม่เคยมีปัญหาใดๆดูตารางและรูป 3.27

รูปที่ 3.26 ตารางสมบัติแรงบิดของคอมเพลสเซอร์

| ชนิด | แรงบิดเริ่มต้นสตาร์ท (%) | แรงบิดสูงสุด (%) | สมบัติแรงบิดตาม รูป 2.45 |
|---|---|---|---|
| เทอร์โบคอมเพลสเซอร์ วาล์วดูดปิด | 40 | 150 | B |
| วาล์วดูดเปิด | 40 | 150 | A |
| คอมเพรสเซอร์ลูกสูบ | 30 | 150 | C |
| คอมเพลสเซอร์โรตารี | 40 | 150 | C |




รูปที่ 3.27 สมบัติแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ

**3.8การคำนวณกำลังงานที่ต้องการใช้**

ถ้าให้อัตราการไหลของอากาศเป็น Q ( $ม^3$/ นาที) และความดันของอากาศเป็น H ( มม. ปรอท ) ดังนั้นค่ากำลังของมอเตอร์ที่ต้องใช้หมุนสามารถหาได้จากสูตร

$$P_m = 9.8 * 1000 * QH * 10^{-3} * ( 100 / \eta ) \quad (kw) \qquad 3.1$$

หรือ

$$P_m = \frac{K * 1000QH}{102} * (100/\eta) \quad (kw) \qquad 3.2$$

เมื่อ K : เป็นค่าสัมประสิทธิของการเพี้ยนในการออกแบบและฝีมือการสร้าง (ค่าเผื่อประมาณ 1.1-1.2 )

W : เป็นความหนาแน่นของก๊าซ ( $kg/m^3$ )

**3.8.1มอเตอร์เครื่องอัด**

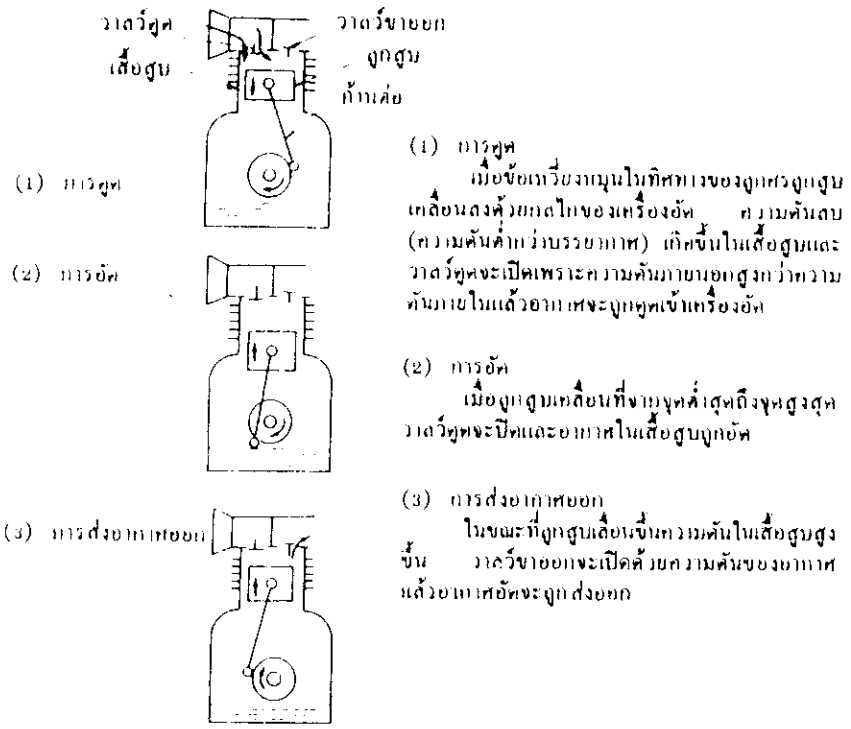
โดยที่การทำงานของเครื่องอัดทำงานที่ความเร็วรอบคงที่ ดังนั้นสามารถใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำกรงกระรอกได้อย่างเหมาะสม

สำหรับเครื่องอัดแบบเทอร์โบซึ่งมีสภาพการทำงานที่ความเร็วรอบสูงและมีค่า $GD^2$ สูง มอเตอร์ที่จะนำมาใช้ขับควรเป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำกรงกระรอกที่ออกแบบเป็นพิเศษ หรือมอเตอร์ที่เหนี่ยวนำชนิดพันโรเตอร์ สำหรับเครื่องอัดชนิดช่วงชัก ซึ่งทำงานที่ความเร็วรอบต่ำ ดังนั้นสามารถใช้มอเตอร์ 4 ขั้วถึง 8 ขั้วแบบกรงกระรอกโดยส่งผ่านกำลังด้วยสายพานได้อย่างประหยัด ในกรณีของเครื่องอัดดังกล่าว ค่าแรงบิดขณะลูกสูบอยู่ในตำแหน่งต่างๆ กันของช่วงอัดและช่วงคลายไม่เท่ากัน ดังนั้นจะทำให้ค่าของกระแสในมอเตอร์ที่ใช้เปลี่ยนแปลงขึ้นลงด้วย ซึ่งจะมีผลเสียหายแก่มอเตอร์และระบบป้อนไฟบางครั้ง ดังนั้นระบบเครื่องอัดดังกล่าวจำเป็นต้องเพิ่มมู่เล่น้ำหนักหรือทำให้ค่า $GD^2$ ของระบบใหญ่ขึ้น เพื่อทำให้กระแสมีความสม่ำเสมอขึ้น

## 3.9 ลักษณะการสร้างของเครื่องอัด

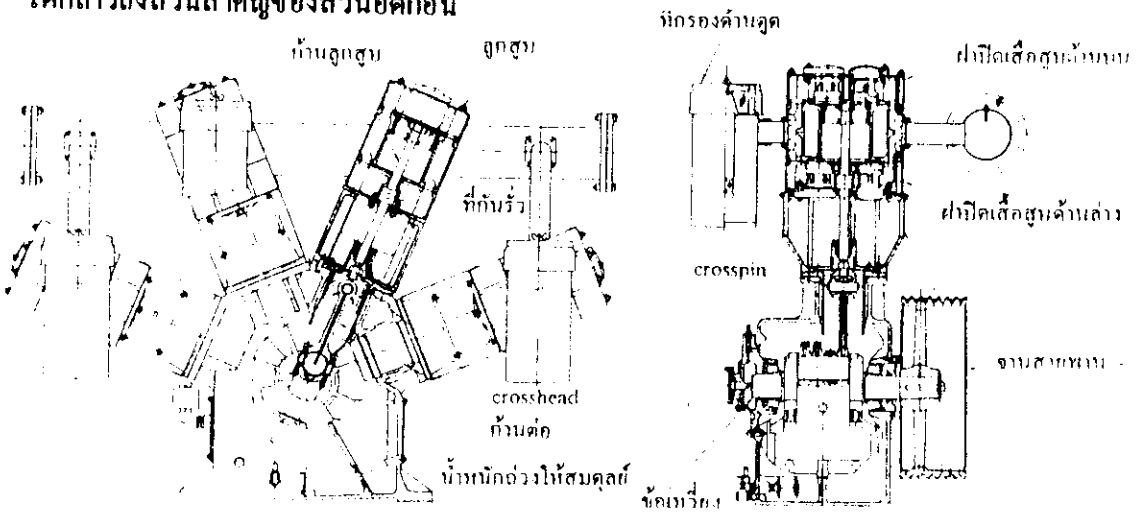
### 3.9.1 ลักษณะการสร้างของเครื่องอัดแบบลูกสูบ

ดังแสดงในรูปที่ 3.27 (a) ลักษณะพื้นฐานของเครื่องแบบลูกสูบ คือการเปลี่ยนการเคลื่อนที่แบบหมุนของเครื่องต้นกำลังเป็นการเคลื่อนที่ไปกลับโดยใช้ข้อเหวี่ยงและก้านต่อ ( connecting rod ) ในการเคลื่อนที่ไปกลับของลูกสูบ อากาศจะถูกดูดเข้าสู่เสื้อสูบและถูกอัด ลักษณะของการสร้างของเครื่องอัดชนิดทำงานด้านเดียวมีอยู่ในรูปที่ 3.27 (a) และชนิดทำงานสองด้านในรูปที่ 3.27 (b) ก้านต่อของเครื่องสูบชนิดทำงานสองด้านต่อกับ crosshead เพื่อให้ crosshead มีการเคลื่อนที่ไปกลับ ลูกสูบและก้านลูกสูบนั้นต่อกับ crosshead

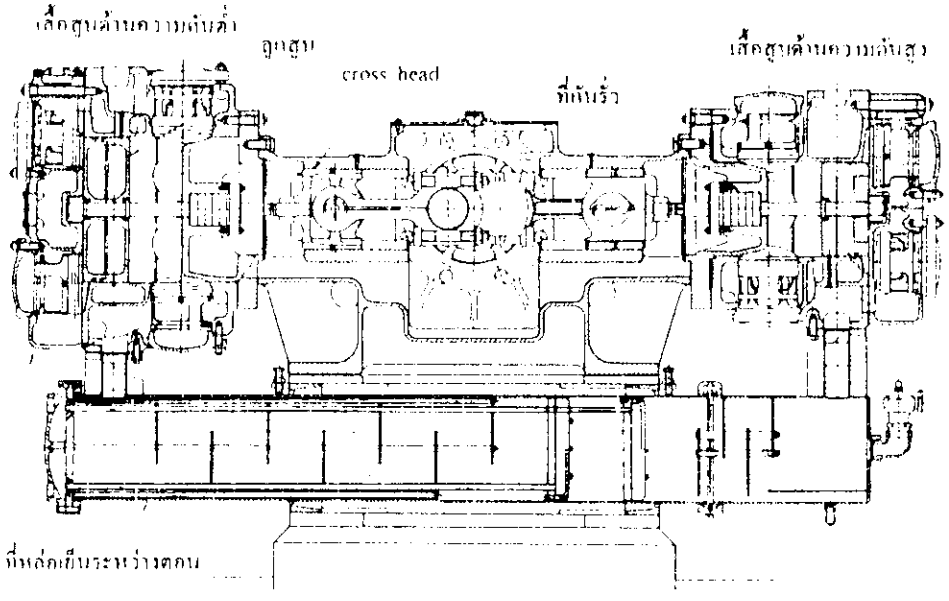



รูปที่ 3.27 การทำงานของเครื่องอัดแบบลูกสูบ

การอัดนั้นกระทำโดยทั้งสองด้านของลูกสูบ ตรงส่วนของของเสื้อสูบที่ก้านลูกสูบผ่านออกมาจากเสื้อสูบต้องมีที่กันรั่วแบบอัดเพื่อกันมิให้อากาศอัดรั่วออก เครื่องอัดประเภทตอนเดียว ทำงานสองด้านมีอยู่ในรูปที่ 5.2 (a) และประเภทสองตอน ทำงานสองด้านมีอยู่ในรูปที่ 5.2 (b) จะได้กล่าวถึงเครื่องอัดธรรมดาๆในตอนต่อไปนี้ เครื่องอัดนั้นโดยคร่าว ๆ ประกอบด้วยส่วนอัดและส่วนขับ จะได้กล่าวถึงส่วนสำคัญของส่วนอัดก่อน




รูปที่ 3.28 (a ) เครื่องอัดตอนเดียว ทำงานสองด้าน

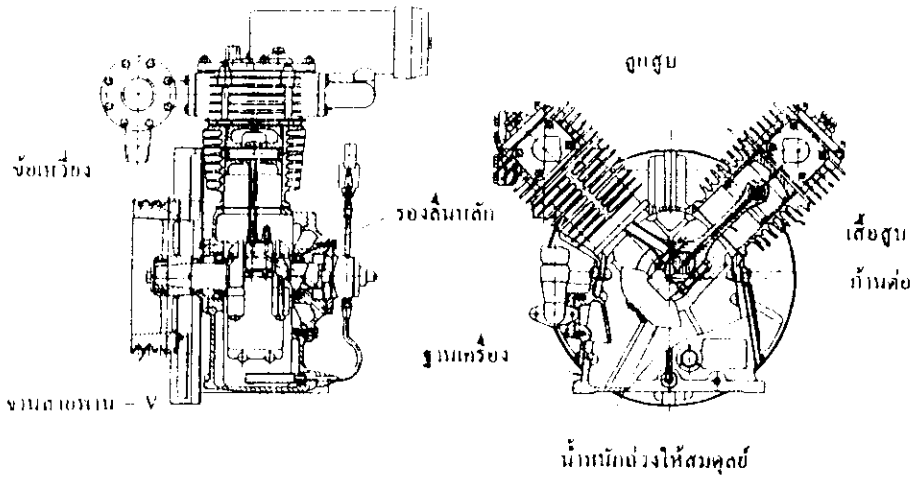



รูปที่ 3.28 (b) เครื่องอัดสองตอน แบบทำงานสองด้านและสมดุลด้านการที่ตอนความดันต่ำและความดันสูงอยู่ตรงข้ามกัน

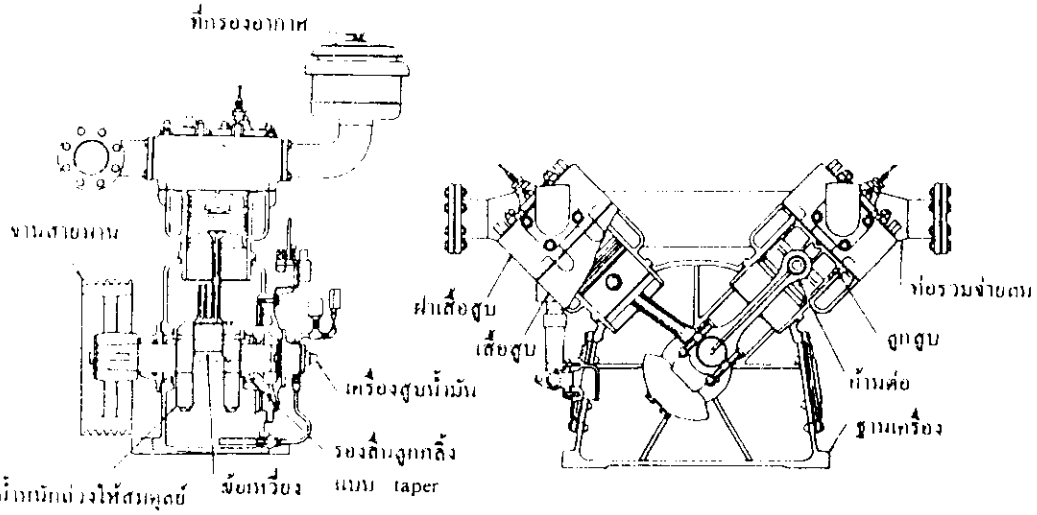
**3.9.1.1 เสื้อสูบและฝาเสื้อสูบ**

รูปที่ 3.29 แสดงรูปตัดของเครื่องอัดประเภทลูกสูบหล่อเย็นด้วยอากาศและทำงานด้านเดียว และ รูปที่ 3.30 แสดงรูปที่ตัดของเครื่องอัดประเภทลูกสูบหล่อเย็นด้วยน้ำและทำงาน

-ด้านเดียว เสื้อสูบมีรูปทรงกระบอกและเป็นห้องที่อากาศรั่วออกไม่ได้ลูกสูบเคลื่อนที่ไปกลับทำหน้าที่ดูดและอัดอากาศในเสื้อสูบ




รูปที่ 3.29 เครื่องอัดตอนเดียวทำงานด้านเดียว (หล่อเย็นด้วยอากาศ)




รูปที่ 3.30 เครื่องอัดตอนเดียวทำงานด้านเดียว (หล่อเย็นด้วยน้ำ)

เสื้อสูบต้องแข็งแรงพอที่จะทนความดันที่ต้องการได้ ส่วนมากทำด้วยเหล็กหล่อถ้าความดันต่ำกว่า 50 kgf/cm$^2$ (4.9033 Mpa) ภายในของเสื้อสูบต้องเรียบเป็นพิเศษ เพราะมีแหวนลูกสูบเสียดสีอยู่เสมอเพื่อกระจายความร้อนที่เกิดจากการอัดออกไปโดยวิธีแผ่รังสี มีครีบที่ผิวนอกของเสื้อสำหรับประเภทหล่อเย็นด้วยอากาศ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มเนื้อที่แผ่รังสีความร้อนและมีโพรงให้น้ำผ่านสำหรับประเภทหล่อเย็นด้วยน้ำ

ฝาเสื้อสูบแบ่งออกเป็นสองห้อง สำหรับด้านดูด และด้านจ่าย มีวาล์วดูดและวาล์วจ่ายอยู่ด้วย สำหรับเครื่องอัดชนิดทำงานสองด้านมีฝาเสื้อสูบทั้งด้านบนและด้านล่าง เช่นเดียวกับเสื้อสูบจะต้องมีความแข็งแรงพอที่จะรังความดัน และทำด้วยเหล็กหล่อ ริมนอกมีครีบแผ่รังสีหรือโพรงให้น้ำผ่าน

**3.9.1.2 ลูกสูบและแหวนลูกสูบ**

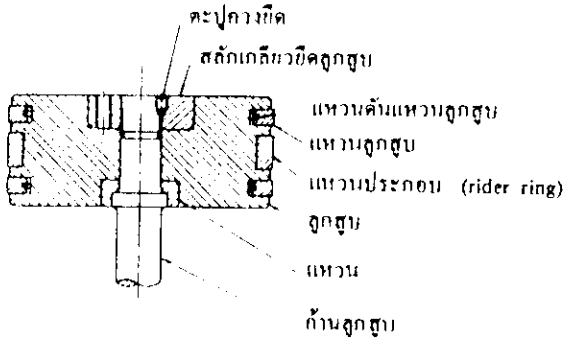
ลูกสูบต้องหนาพอและทำด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรงพอที่จะรับความดันแต่ต้องเบาที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อลบแรงเฉื่อยที่เกิดจากการเคลื่อนที่ไปกลับนอกจากนั้นต้องมีรูปร่างเหมาะที่จะขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนที่เกิดจากการอัด

แหวนลูกสูบอยู่ในร่องบนลูกสูบ ทำหน้าที่กันอากาศรั่วระหว่างลูกสูบและเสื้อสูบ จำนวนแหวนขึ้นอยู่แตกต่างระหว่างความดันด้านหน้าและหลังของลูกสูบ ความปกติ 2-4 แหวนก็พอที่จะกันรั่วได้พอสมควรถ้าความดันต่ำกว่า 10 kgf/cm$^2$ (0.9807 Mpa)

ในกรณีที่เครื่องอัดเป็นชนิดตั้งและทำงานด้านเดียวจะมีแหวนกวาดน้ำมันติดอยู่ที่ด้านล่างของลูกสูบเหนือจากแหวนลูกสูบ แหวนนี้ไม่ได้ทำหน้าที่อากาศรั่วแต่ทำหน้าที่กวาดน้ำมันหล่อลื่นที่ติดที่ผิวในของเสื้อสูบ

เครื่องอัดที่ไม่ใช้น้ำมันหล่อก็มี ใช้ในกรณีที่ต้องการอากาศอัดที่สะอาดไม่มีน้ำมันหล่อลื่นปนอยู่

ในกรณีเช่นไม่ใช้น้ำมันหล่อลื่นตรงที่ส่วนของเสื้อสูบและลูกสูบเสียดสีกัน แหวนลูกสูบต้องหล่อลื่นเองได้ เช่นทำด้วยคาร์บอนหรือ teflon แหวนประกอบด้วยแหวนลูกสูบและแหวนดันแหวนลูกสูบ (tension ring) ให้อัดกับผิวในของเสื้อสูบ และมีแหวนประกอบ (rider ring ) ลูกสูบของเครื่องอัดที่ไม่ใช้น้ำมันหล่อลื่นมีอยู่ในรูปที่ 3.31




รูปที่ 3.31 ลูกสูบของเครื่องอัดที่ไม่ใช้น้ำมันหล่อลื่น

**3.9.1.3 วาล์ว**

วาล์วด้านดูดและวาล์วด้านจ่ายที่ใช้ในเครื่องอัดเป็นวาล์วที่เปิดและปิดโดยอัตโนมัติ ตามความแตดต่างในความดันระหว่างภายในและภายนอกเสื้อสูบ

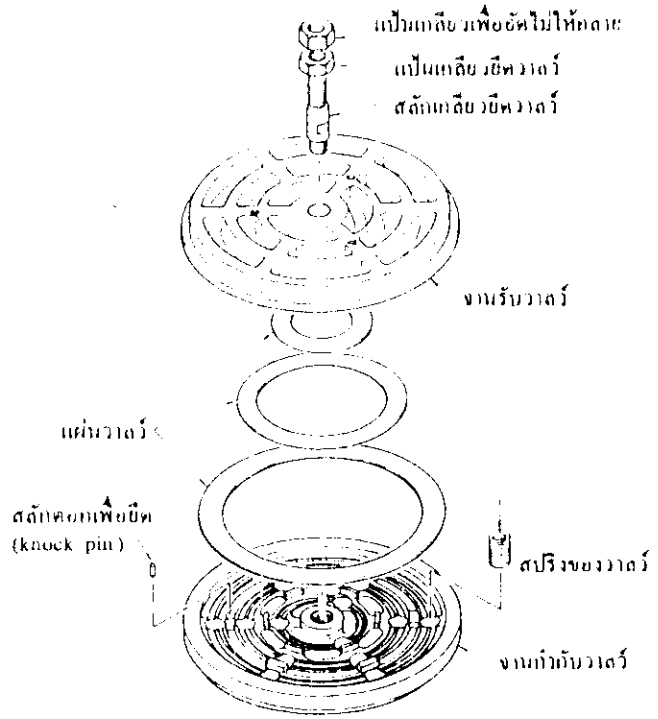
วาล์วเหล่านี้เปิดและปิดหนึ่งครั้งในระหว่างการเดินทางไปกลับของลูกสูบและความถี่ในการทำงานนั้นสูงสุดในบรรดาชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องอัดโดยเฉพาะวาล์วด้านจ่ายนั้นต้องสัมผัสกับอากาศอัดที่อุณหภูมิสูงและมีคาร์ไบด์ของน้ำมันหล่อลื่นเกาะติดอยู่ ดังนั้นวาล์วเหล่านี้จึงเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญยิ่ง

มีวาล์วอยู่หลายประเภท แต่ที่ใช้กันมากในปัจจุบันคือวาล์วแหวน วาล์ว reed วาล์ว channel และวาล์ว flapper

รูปที่ 3.32 แสดงวาล์วแหวน ถึงแม้รูปจะแสดงวาล์วด้านดูดวาล์ว ด้านจ่ายก็มีลักษณะเหมือนกันเพียงแต่กลับด้านบนเป็นด้านล่างเท่านั้นและมีสลักเกลียวสอดจากข้างบนแล้วขันแน่น

จานรับวาล์ว (valve seat) และจานกำกับวาล์ว (valve guard) ได้รับการยึดเข้าที่โดยสลักเกลียวและแป้นเกลียว

แผ่นวาล์ว (valve plate) อยู่ระหว่างจานรับวาล์วและจานกำกับวาล์ว แผ่นถูกอัดติดจานวาล์วด้วยสปริง เมื่อมีความแตกต่างในความดันระหว่างภายในและภายนอกของวาล์วสูงกว่าแรงของสปริงแผ่นวาล์วซึ่งถูกกำกับด้วยส่วนกำกับ (guide) ของจานกำกับจะเปิดจนถึงระยะที่ตั้งไว้ แล้วอากาศจะผ่านช่องในการรับวาล์ว เข้าสู่เสื้อสูบผ่านช่องในจานกำกับวาล์ว



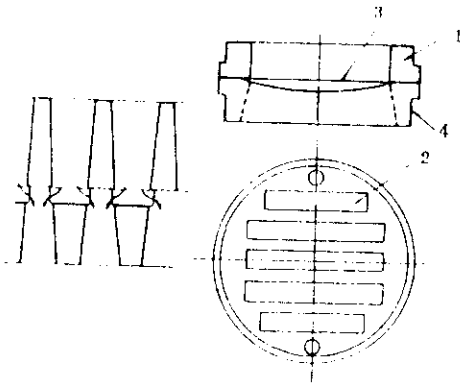

รูปที่ 3.32 วาล์วแหวน

วาล์ว (reed) ประกอบด้วยจานรับวาล์ว (1) ซึ่งมีช่องสี่เหลี่ยม (2) แผ่นวาล์วบางและเบา (3) (0.3-0.5 มม.) และจานกำกับวาล์ว (4) ซึ่งกำกับการยกของแผ่นวาล์ว

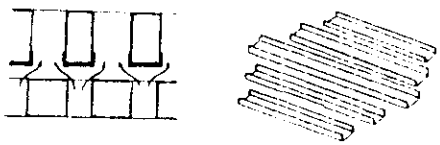
แผ่นวาล์วจะถูกดัดโค้งในขณะที่เปิดและจะกลับไปอยู่ในสภาพตรงด้วยแรงสปริงในตัวของแผ่นวาล์วเอง ในระหว่างที่วาล์วปิด และจะแนบแน่นกับจานรับวาล์วกันมิให้ก๊าซรั่ว ถึงแม้ว่าแผ่นวาล์วจะเบาและเคลื่อนที่ง่ายแต่แผ่นวาล์วนั้นยกขึ้นสูงไม่ได้ ดังนั้น วาล์ว (reed) จำเป็นต้องมีขนาดใหญ่

วาล์วตัว U หรือวาล์ว channel ในรูปที่ 5.8 ก็มีช่องลมเป็นรูปสี่เหลี่ยม และมีแผ่นวาล์วรูปตัว U กันการรั่ว

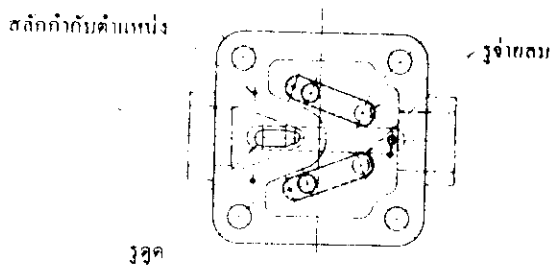
ที่ด้านหลังของแผ่นวาล์วมีสปริงสี่เหลี่ยมอยู่ในลักษณะคัดโค้งทำหน้าที่ดันแผ่นวาล์ว แผ่นวาล์วรูปตัว U ถูกกำกับโดยร่องบนจานกำกับวาล์วให้เคลื่อนที่ขึ้นลงตรง ๆ จานกำกับวาล์วควบคุมการยกของแผ่นวาล์วด้วย

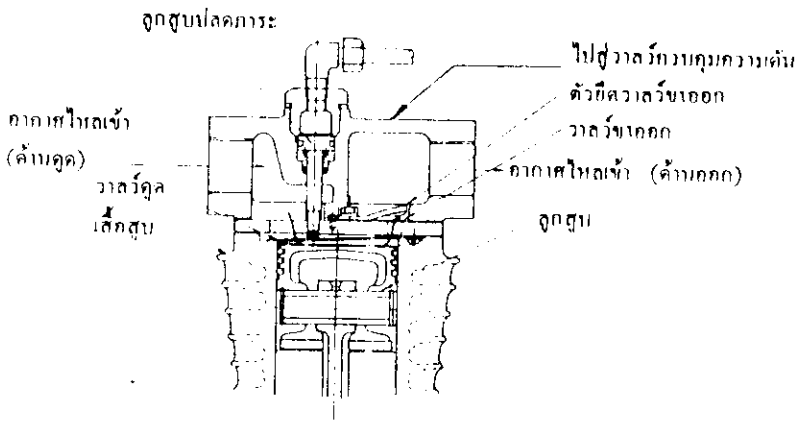



รูปที่ 4.7 วาล์ว reed



รูปที่ 4.8 วาล์ว channel




รูปที่ 3.33 ส่วนประกอบของวาล์ว flapper

รูปที่ 3.33 แสดงส่วนประกอบของวาล์ว flapper

แผ่นวาล์วของวาล์ว flappet ถูกยึดไว้ที่ปลายด้านหนึ่ง ส่วนอีกด้านหนึ่งทำหน้าที่ปิดเปิด แล้ววาล์วนี้เปิดและปิดโดยความเป็นสปริงของแผ่นวาล์วเอง เมื่อมีความแตกต่างในความดันของอากาศ

ดังนั้นวาล์วนี้ไม่มีการกำกับของจานกำกับวาล์วและไม่ต้องมีสปริง นอกจากนี้มวลของวาล์วก็น้อยและจานรับวาล์วทำงานโดยมีเสียงน้อย วาล์วนี้จึงเป็นที่นิยมใช้กันมากสำหรับเครื่องอัดขนาดเล็ก

จะได้กล่าวถึงชิ้นส่วนสำคัญของส่วนขับดังต่อไปนี้

**3.9.1.4 ข้อเหวี่ยง (Crank shaft) และก้านต่อ (Connecting rod)**

ข้อเหวี่ยงและก้านต่อเป็นส่วนสำคัญในการเปลี่ยนการเคลื่อนไหวเชิงหมุนเป็นการเคลื่อนไหวไปกลับข้อเหวี่ยงนั้นมีรองลื่นหลัก (main bearing) รับอยู่ ก้านต่อนั้นอยู่บนสลักข้อเหวี่ยง (crank pin) ซึ่งอยู่เยื้องจากศูนย์ของการหมุน ที่ตำแหน่งซึ่งห่างจากสลักข้อเหวี่ยง 180 ซึ่งมีน้ำหนักถ่วงเพื่อให้เกิดความสมดุลย์ในการหมุน ที่ปลายของข้อเหวี่ยงมีแผ่นประกับตอเพลาในกรณีที่กำลังตรงจากเครื่องต้นกำลังและมีจานรับสายพาน (สายพาน-V) ในกรณีที่ใช้สายพาน มักทำข้อเหวี่ยงด้วยเหล็กเหนียวตีเข้ารูป (forged steel) เนื่องจากต้องการความแข็งแรงและความต้านทานต่อการสึกหรอ

ปลายใหญ่ของก้านต่อสวมอยู่บนสลักข้อเหวี่ยงและปลายเล็กสวมอยู่กับสลักลูกสูบในกรณีของเครื่องอัดทำงานด้านเดียว และสวมกับสลักของ crosshead ในกรณีของเครื่องอัดทำงานสองด้าน ที่ทั้งปลายใหญ่และปลายเล็กมีโลหะทำหน้าที่รองลื่น

ก้านต่อมักทำด้วย forged steel และมี white metal บาง ๆ ความเที่ยงสูงหรือรองลื่นลูกปืนทำหน้าที่เป็นรองลื่นที่ปลายใหญ่ รองลื่นที่ปลายเล็กต่างจากรองลื่นอื่น ตรงที่รองลื่นและสลักลูกสูบต่อกันจะมีแรงกระแทกที่เกิดจากการเคลื่อนที่ไปกลับของลูกสูบ ดังนั้นวิธีการหล่อลื่นและวัสดุที่ใช้สำรองลื่นต้องได้รับการคัดเลือกด้วยความระมัดระวัง มักใช้โลหะผสมทองแดงทำรองลื่น

**3.9.1.5 ฐานเครื่อง (Crankcase)**

ฐานเครื่องเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องอัดและต้องรับรองลื่นหลักของข้อเหวี่ยงได้อย่างดี ละรับแรงเลื่อนเนื่องจากการเคลื่อนที่ไปกลับของมวลและแรงอัดจากลูกสูบ ดังนั้นต้องมีความเกร็ง (rigidity) สูง นอกจากนั้นเนื่องจากฐานเครื่องต้องกันมิให้น้ำมันหล่อลื่นรั่วและต้องทำหน้าที่เก็บน้ำมันด้วย จึงมักทำด้วยเหล็กหล่อที่แข็งแรงและมีลักษณะปิดหมด

มีรองลื่นหลักหลายชนิดที่ใช้ได้ ขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องอัด ; เช่นชนิดแบ่งเป็น 2 ส่วน หรือ 4 ส่วน โดยมีเหล็กเหนียวตีเข้ารูปเสริมแรงอยู่ด้านหลังและมีรองลื่นโลหะความเที่ยงสูงที่ด้านหน้า หรืออาจใช้รองลื่นลูกปืนหรือรองลื่น taper roller

**3.9.1.6 กลไกควบคุมอัตราอัดลม**

ปริมาตรอากาศที่จ่ายจากเครื่องอัดควรขึ้นกับปริมาตรอากาศที่ใช้ แต่ถ้าเครื่องอัดทำงานอยู่ในขณะที่ไม่ใช้ลม และอากาศอัดถูกส่งออกจากเครื่องอัดต่อไป ความดันขาออกอาจสูงถึงระดับอันตราย

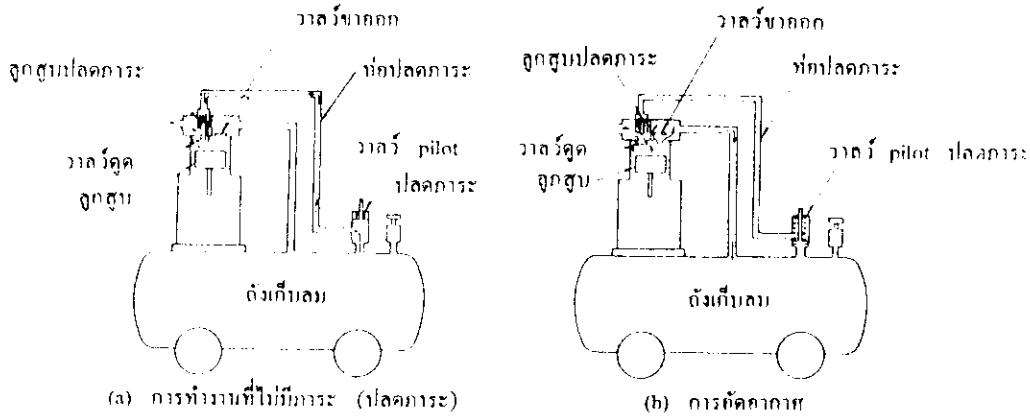
เพื่อลดภาระให้แก่เครื่องต้นกำลังในขณะที่เริ่มเดินเครื่องอัด มีการใช้ที่ปลดภาระเพื่อเริ่มเดินเครื่องซึ่งทำงานโดยอัตโนมัติหรือทำงานด้วยมือ

***(ก) ที่ปลดภาวะแบบใช้วาล์วดูด***

ที่ปลดภาระแบบนี้มักใช้สำหรับเครื่องอัดขนาดเล็กและขนาดกลาง โดยวิธีนี้แผ่นวาล์วจะถูกเปิดค้างไว้ ดังนั้นอากาศจะถูกดูดเข้าและดันออกโดยไม่ถูกอัด

จะได้กล่าวถึงวิธีการทำงานที่ปลดภาระแบบนี้โดยใช้รูปที่ 3.34 ประกอบ เมื่อส่งอากาศเข้าถังรับอากาศความดันในถังจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าจะมีความดันในถังกระทำกับส่วนล่างของวาล์ว pilot ของที่ปลดภาระ วาล์วจะยังคงปิดตราบใดที่แรงสปริงของวาล์วสูงกว่าความดันเมื่อความดันสูงถึงระดับหนึ่งวาล์วจะเปิดและอากาศอัดจะผ่านไปตามท่อปลดภาระและกดลูกสูบปลดภาระลมวาล์วดูดจะเปิดค้างและเครื่องอัดก็จะหยุดการอัดอากาศ

ในระหว่างการปลดภาระ อากาศที่เก็บอยู่ในถังจะลดลงเพราะถูกใช้ออกไปเรื่อย ๆ และความดันในถังจะลดถึงระดับหนึ่ง แรงสปริงวาล์ว pilot จะสูงกว่าความดันวาล์ว pilot จะปิดและความดันในท่อปลดภาระจะเท่ากับความดันบรรยากาศ ลูกสูบปลดภาระจะถูกดันขึ้นโดยสปริงวาล์วดูดจึงทำงานตามปกติและเครื่องอัดก็จะทำงานตามปกติต่อไป




รูปที่ 3.34 การทำงานของวาล์วดูดใช้ในการปลดภาระ

***(ข) ที่ปลดภาระแบบเปิดปิดอัตโนมัติ***

ที่ปลดภาระแบบนี้ใช้สำหรับเครื่องอัดขนาดเล็ก คือเล็กกว่า 7.5 kW มีสวิทช์ความดันที่ถังรับอากาศมอเตอร์จะหยุดทำงานเมื่อความดันสูงกว่าระดับที่ตั้งไว้และสวิทช์ตัด

เมื่อความดันในตัวถังตกลงระดับหนึ่ง สวิทช์จะเปิดและมอเตอร์จะเริ่มหมุน

ที่ปลดภาระแบบนี้มักจะใช้กับเครื่องอัดเล็ก ๆ เนื่องจากที่ปลดภาระแบบใช้วาล์วดูดที่มีขนาดเล็กนั้นทำลำบากและมอเตอร์ขนาดเล็กของเครื่องอัดขนาดเล็กเริ่มต้นและหยุดได้ง่ายโดยใช้สวิทช์ความดัน

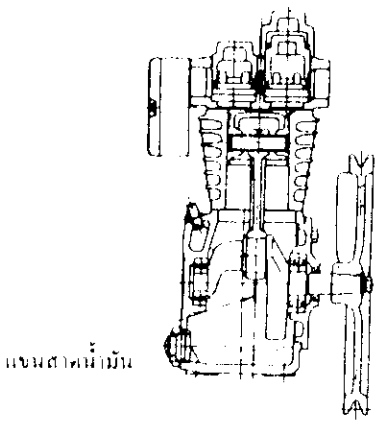
**3.9.1.7 การหล่อลื่น**

ชิ้นส่วนที่ต้องการหล่อลื่นในเครื่องอัดแบบลูกสูบคือชิ้นส่วนที่มีการเสียดสีได้แก่ เสื้อสูบ ลูกสูบ crosshead รองลื่นที่ไปใหญ่ (ของ connecting rod ) รองลื่นที่ปลายเล็กและรองลื่นหลัก จุดประสงค์ของการใช้น้ำมันหล่อลื่น คือการป้องกันการสึกหรอของชิ้นส่วนที่เสียดสีกัน การป้องกันการรั่วของอากาศผ่านแหวนลูกสูบและที่อัดการรั่ว การหล่อเย็นชิ้นส่วนที่เสียดสีกันและการป้องกันสนิม

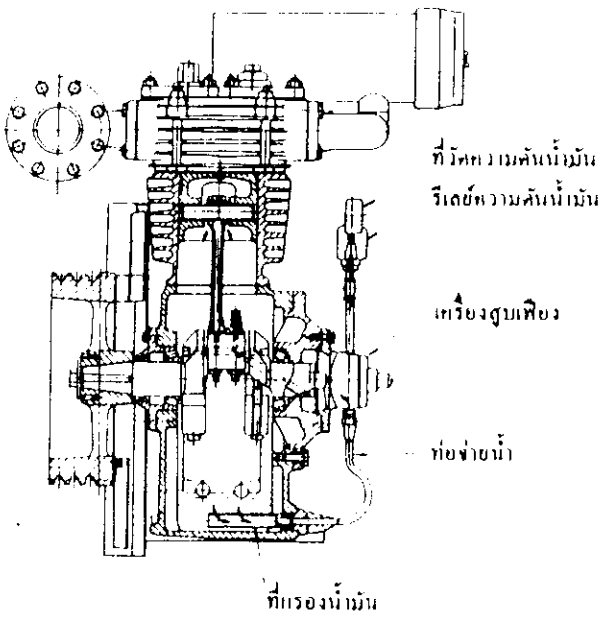
เนื่องจากเครื่องอัดประเภททำงานด้านเดียวใช้สำหรับเครื่องขนาดเล็กเท่านั้น การหล่อลื่นในส่วนของฐานเครื่อง (crankcase) และเสื้อสูบเป็นการหล่อลื่นระบบเดียวกัน

ส่วนเครื่องที่ทำงานสองด้านใช้สำหรับการขนาดกลางและขนาดใหญ่ส่วนเสื้อสูบแยกออกจากส่วนฐานเครื่องโดยใช้ที่อัดกันรั่วตัวนั้นจึงต้องมีระบบหล่อลื่นแยกกัน ในกรณีการหล่อลื่นของส่วนเสื้อสูบ เรียกว่าการหล่อลื่นภายในและการหล่อลื่นของส่วนฐานเครื่องเรียกว่าการหล่อลื่น

สำหรับเครื่องอัดขนาดเล็กทำงานด้านเดียวและวิธีการหล่อลื่นร่วมดังที่กล่าวแล้ว อาจใช้วิธีสาดน้ำมันหล่อลื่น หรือวิธีป้อนน้ำมันหล่อลื่นใช้เครื่องสูบเฟือง




รูปที่ 3.35 วิธีหล่อลื่นแบบสาดน้ำมัน

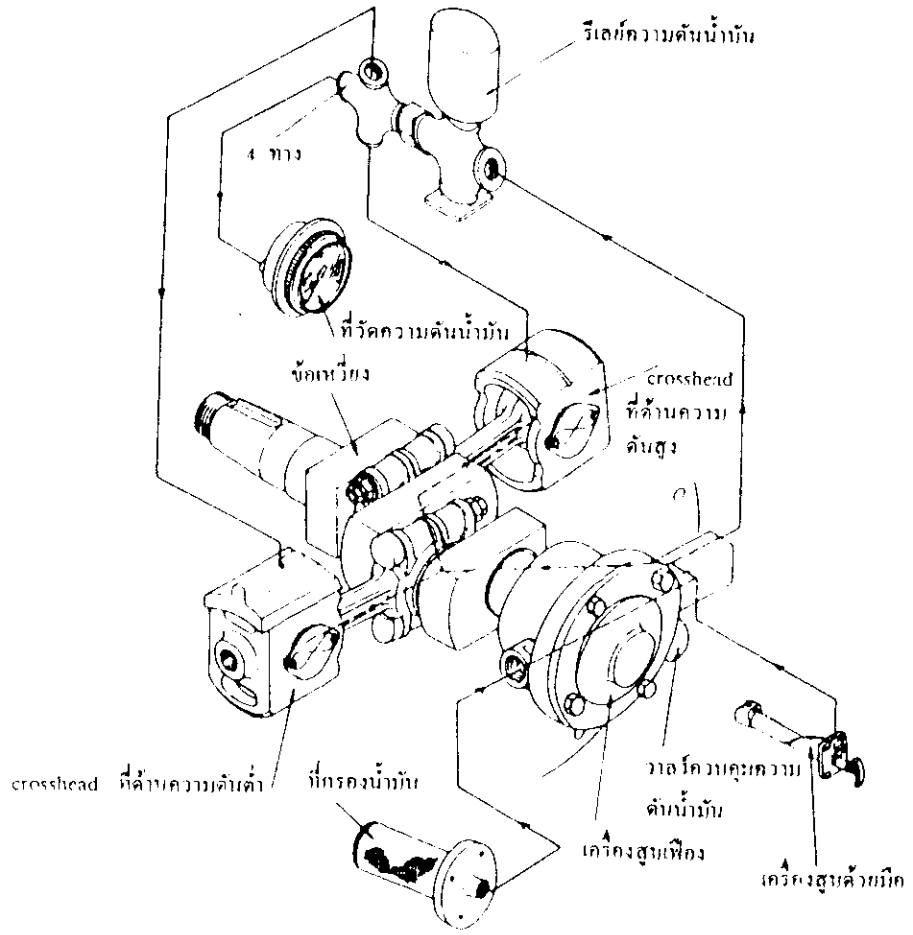



รูปที่ 3.36 วิธีหล่อลื่นแบบป้อนน้ำมัน

ในวิธีหล่อลื่นแบบสาดน้ำมันดังในรูปที่ 3.35 แขนสาดน้ำมันซึ่งติดอยู่กับปลายใหญ่ของก้านต่อจะตีผิวน้ำมันที่อยู่ในฐานเครื่อง (crankcase) น้ำมันจะกระเด็นไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของเครื่องอัดที่ต้องการการหล่อลื่นสำหรับวิธีป้อนน้ำมันหล่อลื่นนั้นใช้เครื่องสูบเฟืองซึ่งอยู่กับปลายข้อเหวี่ยงและการหมุนของข้อเหวี่ยงถูกส่งทอดไปยังเครื่องสูบเฟืองโดยผ่านข้อต่อ Oldham น้ำมันหล่อลื่นผ่านที่กรองดูดเข้าเครื่องสูบถูกอัดจนความดันสูงพอแล้วจะไปสู่ส่วนต่าง ๆ ผ่านรูในข้อเหวี่ยงและก้านต่อ มีวาล์วควบคุมความดันติดอยู่ที่ทางออกของเครื่องสูบเฟืองเพื่อปรับความดันน้ำมัน

สำหรับเครื่องอัดขนาดกลางและขนาดใหญ่ การหล่อลื่นภายในใช้ในการป้อนน้ำมันโดยเครื่องสูบแบบ Plunger และการหล่อลื่นภายนอกใช้เครื่องสูบเฟืองซึ่งติดอยู่ที่ปลายข้อเหวี่ยงดังในรูปที่ 3.37

เพื่อป้อนน้ำมันหล่อลื่นก่อนเดินเครื่อง ใช้เครื่องสูบ สูบด้วยมือซึ่งต่อขนานกับเครื่องสูบเฟือง และมีรีเลย์ความดันน้ำมันใช้ในการป้องกันอุบัติเหตุซึ่งเกิดจากน้ำมันหล่อลื่นไม่เพียงพอ ดังนั้นถ้าเครื่องสูบเฟืองดูดอากาศเข้าไปแทนที่จะดูดน้ำมันความดันจักรและรีเลย์จะตัดทำให้เครื่องอัดหยุดทำงาน




รูปที่ 3.37 ระบบการหล่อลื่นจากภายนอก

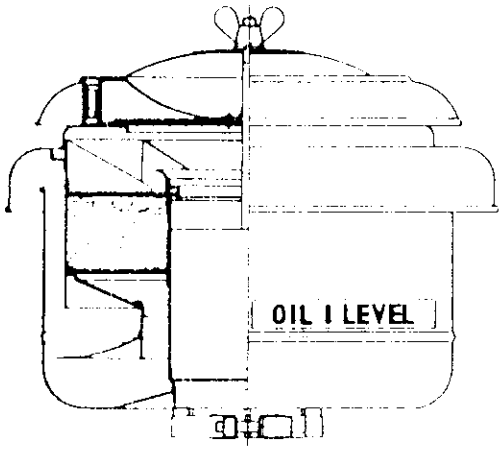
**3.9.1.8 อุปกรณ์ประกอบสำหรับเครื่องอัด**

ได้กล่าวถึงส่วนสำคัญของเครื่องอัดแบบลูกสูบไปแล้ว แต่เครื่องอัดยังมีอุปกรณ์ประกอบดังนี้

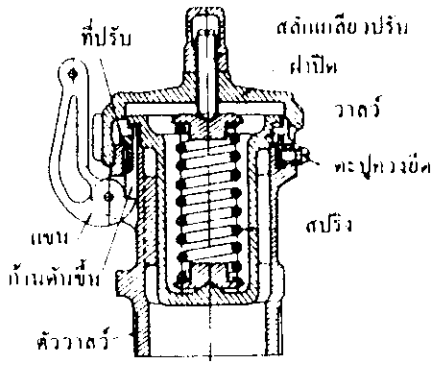
*(ก) ที่กรองอากาศด้านดูด*

ถ้ามีฝุ่นผงมากในอากาศที่ถูกดูดเข้าไปในเครื่องอัด เสื้อสูบหรือลูกสูบอาจสึกหรอเร็วหรือร้อนมากจนไหม้ ดังนั้นจึงต้องมีที่กรองด้านดูดเพื่อดักฝุ่นออกไปเสีย

ที่กรองที่ใช้กันอยู่ขณะนี้มีชนิดท่อกรองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม. และยาว 10 มม. จุ่มน้ำมันโซก หรือชนิดลวดขดจุ่มในน้ำมันทำหน้าที่ลดความเร็วของอากาศที่ดูดเข้าแล้วดักฝุ่นโดยการทำให้เกิด turbulence ในการไหลของอากาศ อีกชนิดหนึ่งคือชนิดถ้วยหรืออ่างมีน้ำมันเครื่องใส่อยู่ทำหน้าที่ดักฝุ่นในตอนที่การไหลของอากาศกลับทิศทาง




รูปที่ 3.38 ที่กรองอากาศชนิดมีอ่างน้ำมันเป็นเครื่องดักฝุ่น




รูปที่ 3.39 ภาพตัดของวาล์วรักษาความปลอดภัย

*(ข) วาล์วรักษาความปลอดภัย*

ต้องมีวาล์วรักษาความปลอดภัยภายในท่อจ่ายลมของแต่ละตอนของเครื่องอัด วาล์วนี้ต้องปล่อยอากาศออกเมื่อความดันเกิน 1.2 เท่าของความดันสูงสุดปกติของเครื่องอัด และต้องหยุดปล่อยอากาศ เมื่อความดันลดลงจนใกล้ความดันสูงสุดปกติ

*(ค) ถังรับลม*

ถังรับลมทำหน้าที่เก็บอากาศอัดเพื่อรับกับการเปลี่ยนแปลงในการใช้ลมนอกจากนั้นในกรณีของเครื่องอัดอากาศลูกสูบซึ่งส่งอากาศออกมาเป็นห้วงๆถังรับลมจะแก้ความไม่เรียบในการจ่ายอากาศ อากาศในถังเก็บลมยังมีโอกาสได้เย็นลงทำให้ไอน้ำกลายเป็นน้ำลงไปสู่ที่ก้นถัง ดังนั้นถังเก็บลมทำหน้าที่เก็บน้ำไว้ที่ก้นถังทำให้ถ่ายน้ำทิ้งได้สะดวก

*(ง) อุปกรณ์รักษาความปลอดภัยอื่น*

เครื่องอัดยังมีอุปกรณ์รักษาความปลอดภัยดังต่อไปนี้

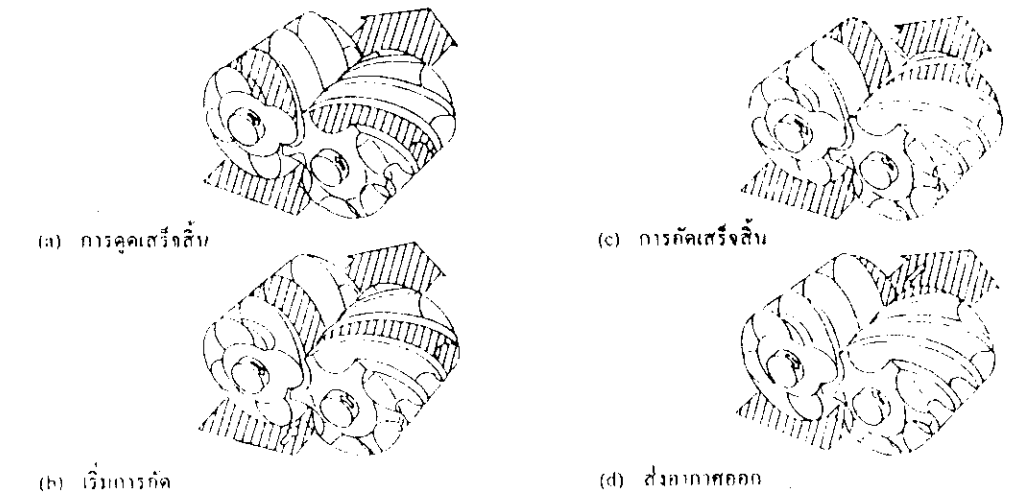
1) อุปกรณ์ตรวจวัดความดัน : รีเลย์ความดัน และรีเลย์ความดันน้ำมันหล่อลื่น

2) อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ : รีเลย์ความร้อน ( อุณหภูมิขาออกของอากาศ อุณหภูมิขาเข้าของอากาศ อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น อุณหภูมิของรองลื่น)

3) รีเลย์หยุดเครื่องอัดเมื่อน้ำหล่อเย็นไม่พอหรือไม่มี

**3.9.2 ลักษณะการสร้างเครื่องอัดแบบเกลียว**

เครื่องอัดแบบเกรียวเป็นเครื่องอัดแบบกวาดแต่เป็นการหมุน เครื่องอัดแบบนี้รับการพัฒนาขึ้นมามากใน 2 - 3 ปีที่ผ่านมา กล่าวได้ว่านิยมใช้เครื่องอัดแบบเกลียวกันมากกว่าเครื่องอัดแบบลูกสูบสำหรับความดันในช่วง 7 - 8.5 kgf / $cm^3$ (0.6865 - 0.8336 Mpa)




รูปที่ 3.40 รูปแสดงกระบวนการอัดของเครื่องอัดแบบเกลียว

หลักการทำงานของเครื่องอัดแบบเกลียวคือ ตัวหมุนตัวผู้มีผิวนูนและตัวหมุนตัวเมียมีผิวเว้า หมุนในทิศทางกลับกัน ตัวหมุนคู่นี้มีรูปร่างเป็นเกลียวและช่องที่เกิดขึ้นระหว่างเสื้ออัดและตัวหมุนรูปเกลียวจะเคลื่อนที่ไปในแนวแกนขณะที่เกิดการหมุนและปริมาตรของช่องนี้จะลดลงเป็นลำดับ จากรูปที่ 3.40 รูป (a) แสดงว่าอากาศถูกดูดผ่านช่องดูดเข้าสู่ช่องว่างระหว่างเกลียว การดูดจะเสร็จสิ้นเมื่อช่องว่างนี้ถูกปิดโดยผนังของเสื้อเครื่องสูบ รูป (b) แสดงว่าอากาศในช่องว่างอยู่ในระหว่างการอัด รูป (c) แสดงว่าการอัดเสร็จสิ้นแล้ว และมีช่องทางออกอยู่ที่ส่วนท้ายของเครื่องสูบด้านบนขวา รูป (d) แสดงว่าการแดได้ไปถึงช่องทางออกแล้ว และอากาศอัดจะถูกจ่ายออกไปเมื่อตัวหมุน หมุนต่อไป

ดังกล่าวข้างต้น เนื่องจากการดูด การอัดและการส่งออกเป็นไปอย่ างต่อเนื่องกัน จึงมีการแปรเปลี่ยนในแรงบิดและในการไหลน้อยมาก และตัวหมุนก็อยู่ในสภาพสมดุลย์ในระหว่างการทำงาน ดังนั้นจึงมีข้อได้เปรียบเช่น มีการสั่นสะเทือนน้อย มีความเหมาะสมการทำงานที่ความเร็วรอบสูง และกินที่น้อย ตามปกติจำนวนฟันของเกลียวตัวผู้จะเท่ากับสี่และของเกลียวตัวเมียจะเท่ากับหก แต่ในระยะหลังใช้ห้าฟันกับหกฟันตามลำดับและสมรรถนะสูงขึ้น แม้ว่าหลักการอัดจะเหมือนกันแต่มีเครื่องอัดแบบเกลียวอยู่สองแบบ คือแบบป้อนน้ำมันและแบบแห้ง

**3.9.2.1 เครื่องอัดแบบเกลียวชนิดป้อนน้ำมัน**

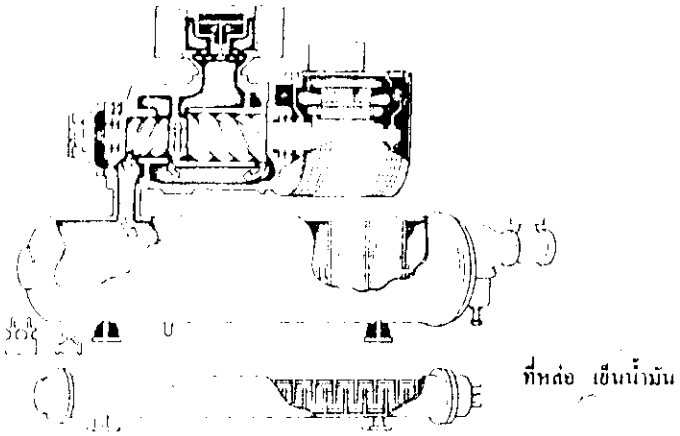
สำหรับเครื่องอัดชนิดนี้ น้ำมันปริมาณมากถูกป้อนเข้าไปในระหว่างการอัด ในขณะที่ตัวหมุน ตัวผู้และตัวเมียหมุนไปด้วยกัน จุดประสงค์ของการป้อนน้ำมันคือ

1) เพื่อพาความร้อนที่เกิดจากการอัดออกไป ทำให้เป็นการอัดที่ใช้ไกล้ความเป็นการอัดที่อุณหภูมิคงที่เท่าที่จะทำได้

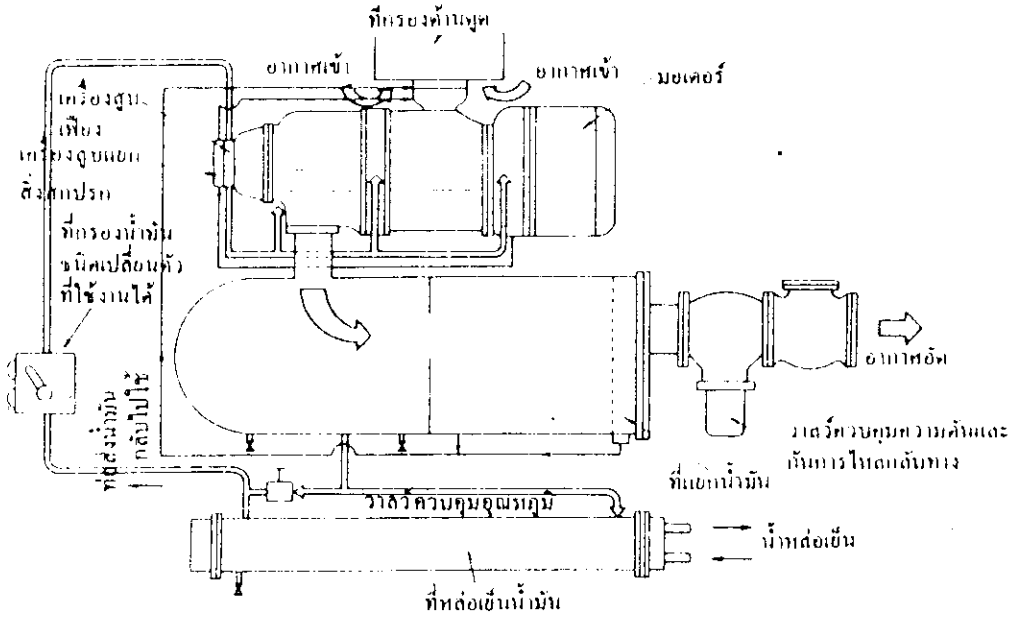
2) ลดการรั่วของอากาศผ่านช่องว่างระหว่างตัวหมุนด้วยกันและระหว่างตัวหมุนกับเสื้อ

3) น้ำมันทำหน้าที่หล่อลื่น ในกรณีที่ตัวหมุนตัวผู้ขับตัวเมียโดยตรง

เครื่องอัดแบบเกลียวชนิดฉีดน้ำมันมีลักษณะการสร้างที่ง่ายและขับโดยมอเตอร์ไฟฟ้า 2- pole หรือ 4- pole ต่อตรงกับตัวหมุนตัวผู้ รองลื่นของตัวหมุนเป็นรองลื่นลูกกลิ้ง หรือรองลื่น angular contact รูปที่ 3.41 แสดงส่วนประกอบของเครื่องอัดแบบเกลียวชนิดฉีดน้ำมันและรูปที่ 3.42 แสดงทั้งระบบของเครื่องอัดชนิดนี้



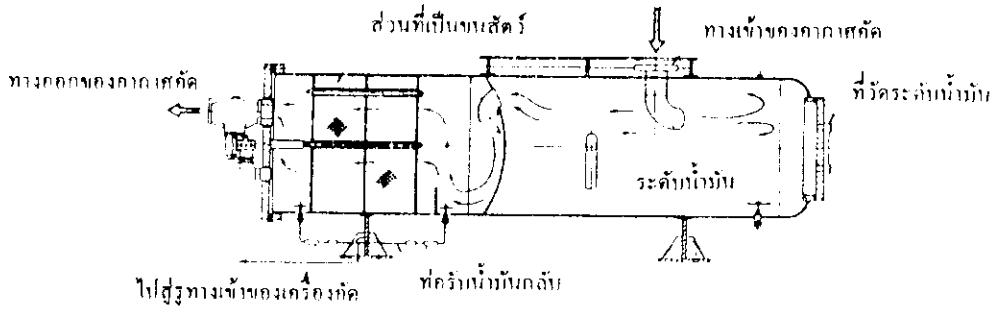

รูปที่ 3.41 ส่วนประกอบของเครื่องอัดแบบเกลียวชนิดฉีดน้ำมัน




รูปที่ 3.42 รูปแสดงระบบของเครื่องแบบเกลียวชนิดฉีดน้ำมัน

อากาศถูกผ่านที่กรองแล้วเข้าสู่เครื่องอัดโดยผ่านวาล์วหรี่ ถูกอัดและถูกส่งพร้อมกับน้ำมันที่ป้อนเข้าไป ไปยังที่แยกน้ำมันซึ่งทำหน้าที่เป็นถังรับน้ำมันเครื่องด้วย อากาศที่ถูกแยกออกมาจากน้ำมัน แล้วจะออกไปผ่านโดยผ่านวาล์วกันลมกลับซึ่งทำหน้าที่ควบคุมความดันด้วย น้ำมันในถังรับน้ำมันได้รับการหล่อเย็นโดนที่ดึงความร้อนจากน้ำมันแล้วถูกส่งกลับเข้าสู่เสื้อเครื่องอัดโดยใช้เครื่องสูบเฟืองซึ่งต่อตรงกับเพลาเครื่องอัดอุณหภูมิของน้ำมันต้องได้รับการควบคุมเพื่อมิให้เกิดการกลั่นตัวเป็นน้ำของความชื้นในถังรับน้ำมันและไม่ร้อนเกินไปจนทำให้น้ำมันทำปฏิกิริยากับอ๊อกซิเจนเกิดเป็นอ๊อกไซด์ เมื่อเครื่องอัดทำงานที่ความดันต่ำ ความเร็วของอากาศที่ผ่านที่แยกน้ำมันจะสูงและลดความสามารถแยกน้ำมัน เพื่อป้องกันปัญหานี้จึงใช้วาล์วกันลมกลับ ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมความดันด้วยให้ความดันขาออกสูงกว่า 4 - 5 kgf/cm$^2$ (0.3923 - 0.4903 Mpa)

รูปที่ 3.43 แสดงว่าส่วนประกอบของที่แยกน้ำมันซึ่งทำหน้าที่ทั้งแยกน้ำมัน รับน้ำมันและรับลมอากาศอัดซึ่งมีน้ำมันปนมาด้วยมากชนกับผนังของถัง น้ำมันส่วนใหญ่จะแยกออกและตกลงไปที่ส่วนล่างของถัง




รูปที่ 3.43 ส่วนประกอบของที่แยกน้ำมัน

ฝอยน้ำมันที่ยังติดไปกับอากาศที่ติดอยู่กับส่วนที่เป็นขนสัตว์ แล้วตกลงไปอยู่ก้นถัง น้ำมันนี้จะกลับสู่ทางเข้าของเครื่องอัดโดยผ่านท่อน้ำมันกลับ

ที่ดึงความร้อนของน้ำมันใช้น้ำเป็นตัวหล่อเย็น และเป็นชนิดถังและท่อ (shell and tube) น้ำหล่อเย็นไหลผ่านท่อ และน้ำมันหล่อลื่นในถังจะเย็นลงจนถึง 50° - 60°C

**3.9.2.1.1 อุปกรณ์การควบคุมอัตราการอัดฉม**

ในการควบคุมอัตราการอัดลมของเครื่องอัดแบบเกลียวชนิดป้อนน้ำมัน มักใช้วาล์วหรี่ขาเข้า เพื่อลดอัตราการอัด สำหรับเครื่องอัดขนาดใหญ่มักใช้วาล์วเลื่อน (slide valve)

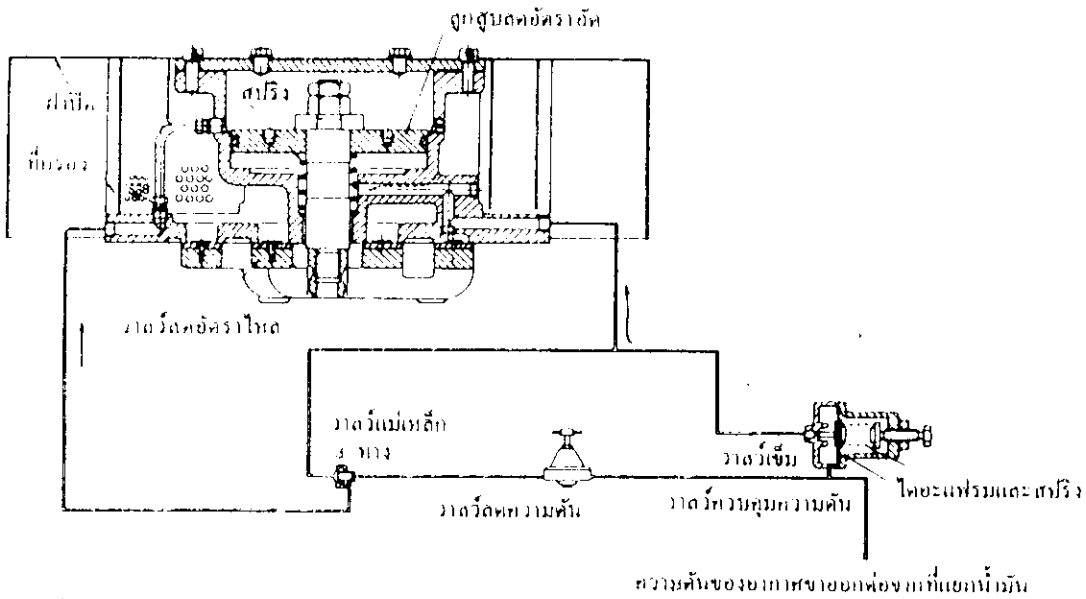
***(ก) ที่ลดอัตราชนิดวาล์วหรี่ที่ขาเข้า*** (suction throttle unloaded)

ที่ลดอัตราอัดชนิดนี้จะจำกัดการเพิ่มของความดันขาออกและควบคุมปริมาตรอากาศขาออกจาก 100% จนถึง 0% โดยค่อย ๆ ปิด (ไม่เป็นขั้น ๆ) วาล์วหรี่ ดังในรูปที่ 3.44 อากาศที่มาจากที่แยกน้ำมันจะผ่านวาล์วลดความดันแล้วไปที่ส่วนบนของลูกสูบที่ลดอัตราอัด และอากาศที่มาจากที่แยกน้ำมันอีกส่วนหนึ่งจะแยกไปผ่านวาล์วควบคุมความดัน แล้วไปที่ส่วนล่างของลูกสูบลดอัตรา

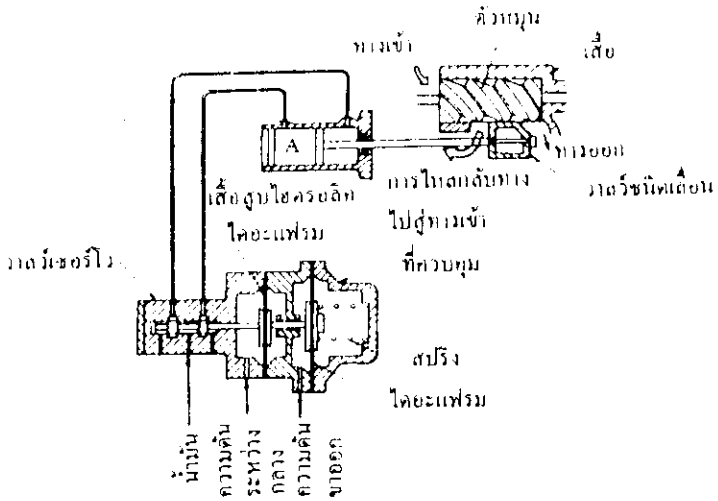
ถ้าความดันในที่แยกน้ำมันสูงกว่าระดับหนึ่ง วาล์วควบคุมความดันจะเปิดและอากาศจะเริ่มไหลผ่าน ทำให้ลูกสูบลดอัตราและวาล์วลดอัตราจะขยับไปทางที่จะลดปริมาตรของอากาศขาเข้า วาล์วแม่เหล็ก 3 ทาง ควบคุมอากาศ เพื่อให้ปิดวาล์วลดอัตราอัดได้เร็วเพื่อป้องกันการไหลกลับของลมในกรณีที่เครื่องอัดหยุดเดิน

***(ช) วาล์วลดอัตราอัดชนิดเลื่อน***

วาล์วลดอัตราชนิดนี้มีวาล์วเลื่อนที่เคลื่อนที่ในทิศทางของแกนและอยู่ที่ปลายทางออกของเสื้อเครื่องอัด ส่วนประกอบและทำงานของวาล์วนี้มีอยู่ในรูปที่ 3.45 ในขณะที่ใช้ลมเต็มที่ 100% วาล์วนี้จะอยู่ทางซ้าย เมื่ออัตราการใช้ลมลดลงและความดันขาออกเพิ่มขึ้น ตัวบังคับ (controller) จะได้รับสัญญาณการเพิ่มของความดัน วาล์วเซอร์โวจะทำงานและมีน้ำมันเข้าไปสู่ด้าน A ของกระบอกไฮดรอลิควาล์วเลื่อนจะค่อย ๆ ขยับไปทางขวา อากาศส่วนหนึ่งที่ถูกดูดเข้าไปจะกลับออกไปสู่ทางเข้าโดยไม่ถูกอัดด้วยวิธีนี้ปริมาตรอากาศอัดจะถูกปรับจาก 100% จนถึง 30% (ค่อย ๆ ปรับไม่เป็นขั้น)



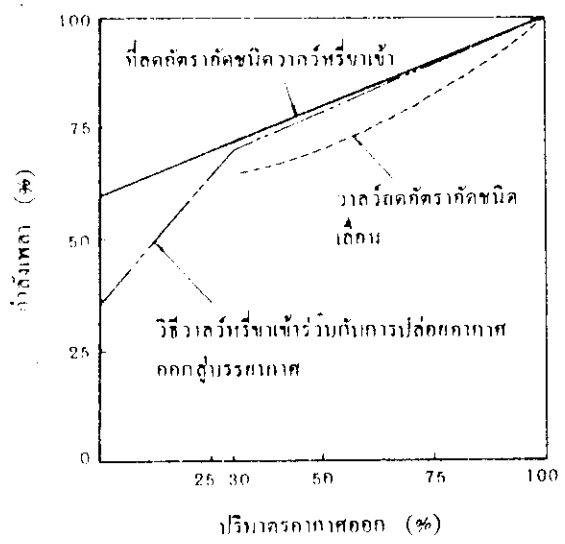

รูปที่ 3.44 ที่ลดอัตราอัดชนิดวาล์วหรี่ขาเข้า



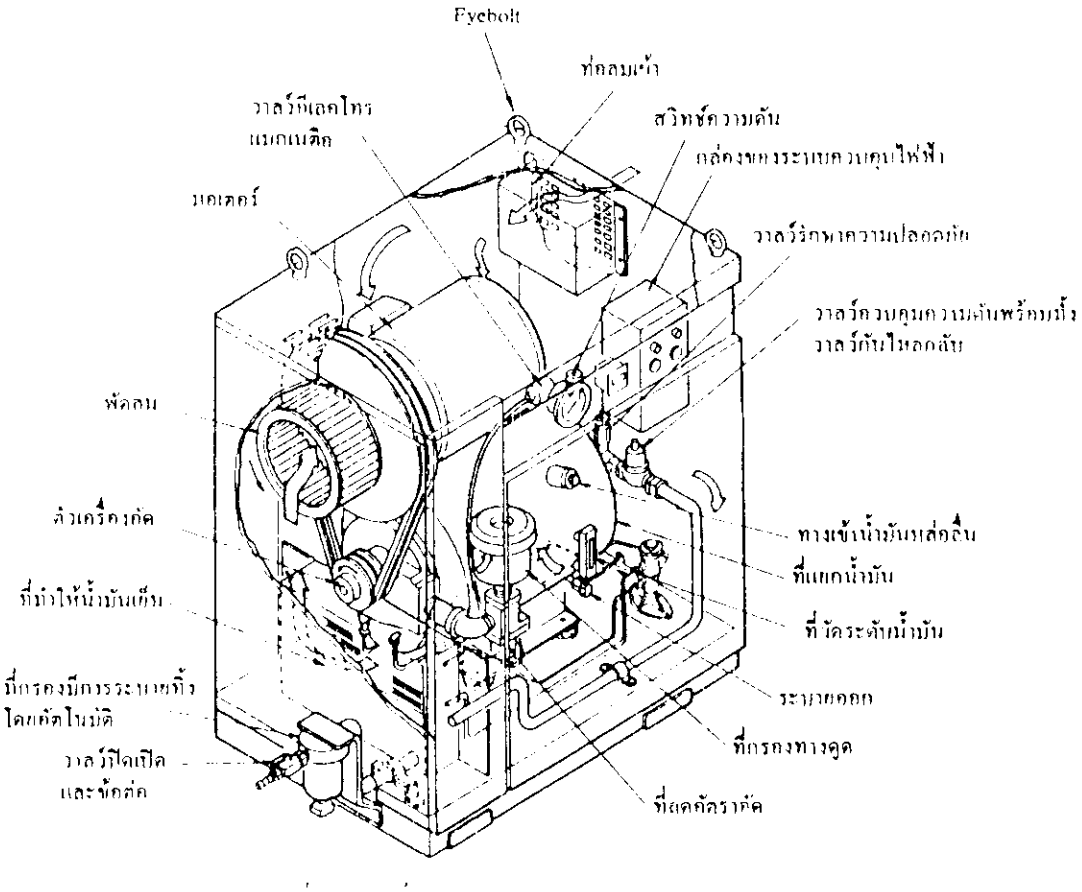

รูปที่ 3.45 วาล์วลดอัตราอัดชนิดเลื่อน

***(ค) การลดอัตราอัดโดยวิธีอื่น***

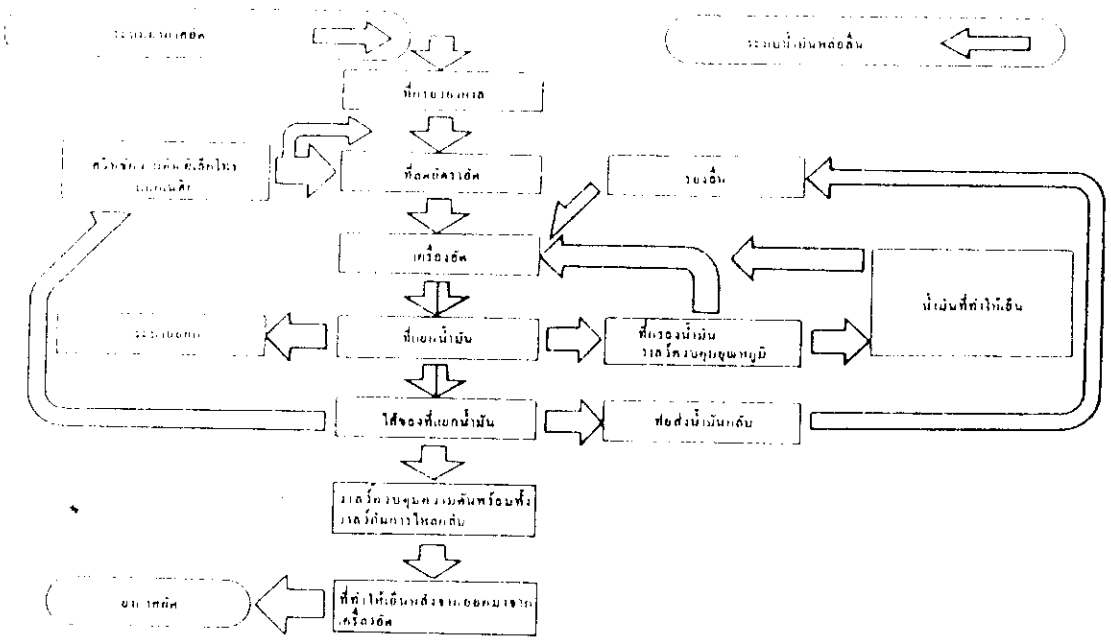
นอกเหนือจากวิธีที่กล่าวแล้วยังมีอีกวิธีหนึ่งใช้กับเครื่องอัดขนาดเล็ก วิธีนี้ใช้วาล์วหรี่เข้าร่วมกับการปล่อยอากาศจากที่แยกน้ำมันออกสู่บรรยากาศตามวิธีนี้ใช้วาล์วหรี่จนปริมาตรขาเข้าเหลือ 30% และเพื่อลดอัตราอัดต่อไปเมื่อสวิทช์ความดันได้รับสัญญาณแสดงว่าปริมาตรอากาศเข้าเหลือ 30% อากาศอัดจะถูกปล่อยสู่บรรยากาศ แล้ววาล์วหรี่ขาเข้าก็จะปิดสนิท ผลของการใช้วิธีการลดวิธีอัด วิธีต่าง ๆ มีแสดงในรูปที่ 3.46



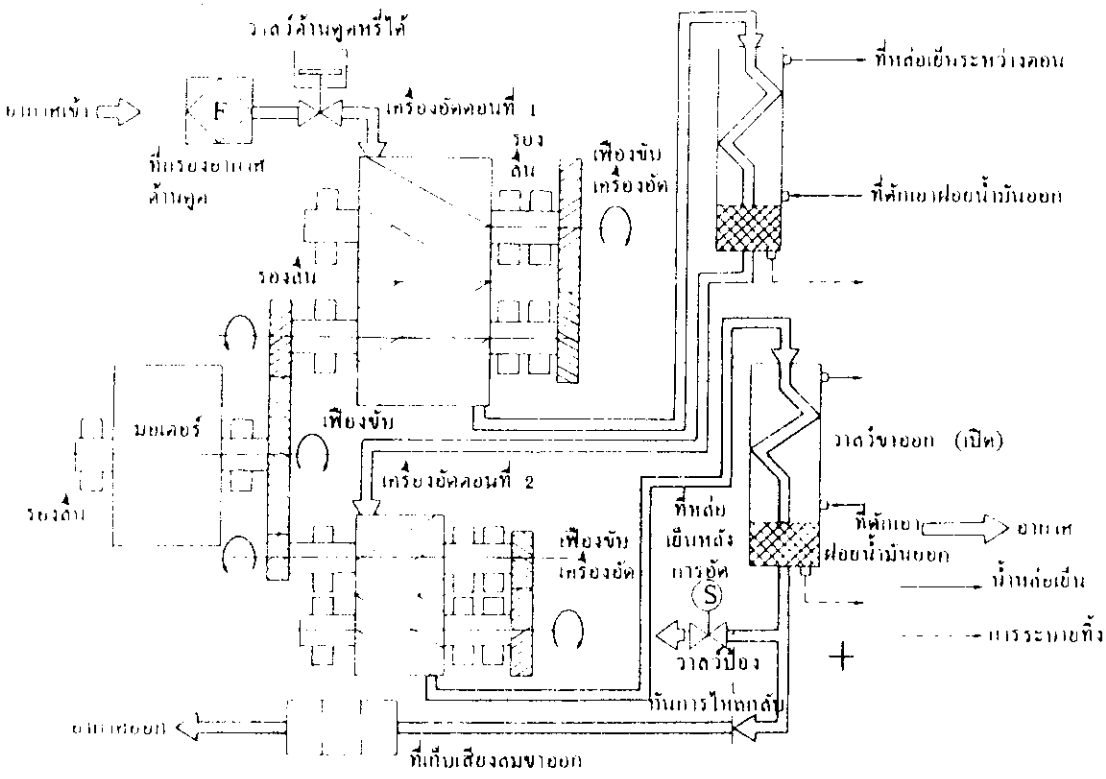

รูปที่ 3.46 ลักษณะและผลของการลดอัตราอัดวิธีต่าง ๆ




**รูปที่ 3.47 เครื่องอัดแบบเกลียวขนาดเล็กชนิดฉีดน้ำมัน**



**รูปที่ 3.48 ภาพเชิงระบบของเครื่องอัดในรูปที่ 3.47**




รูปที่ 3.49 ภาพเชิงระบบของเครื่องอัดเกลียวชนิดไม่ใช้น้ำมัน

**3.9.2.1.2 อุปกรณ์ประกอบสำหรับเครื่องอัด**

อุปกรณ์ส่วนใหญ่เหมือนกับของเครื่องอัดแบบลูกสูบ แต่เครื่องอัดแบบเกลียวไม่ต้องมีถังรับอากาศยกเว้นในกรณีพิเศษ ทั้งนี้เพราะที่แยกน้ำมันทำหน้าที่ถังรับอากาศอยู่แล้ว

สำหรับเครื่องอัดแบบเกลียวชนิดป้อนน้ำมันที่มีขนาดเล็กกว่า 100kW มีเครื่องขายเป็นชุด (package type) ซึ่งประกอบด้วยตัวเครื่องอัดและอุปกรณ์ประกอบบรรจุอยู่ในชุดเดียว พร้อมทั้งวัสดุกันเสียง ทำให้เป็นชุดที่กินที่น้อยและเดินเงียบ รูปที่ 3.47 แสดงภาพจากภายนอกของชุดเครื่องอัด และรูปที่ 3.48 แสดงภาพเชิงระบบ

**3.9.2.2 เครื่องแบบเกลียวชนิดไม่ใช้น้ำมัน**

รูปที่ 3.49 แสดงรูปเชิงระบบของเครื่องอัดเกลียวชนิดที่ไม่ใช้น้ำมัน เครื่องอัดนี้เป็นเครื่องอัด 2 ตอน ซึ่งตัวหมุนตัวผู้ของทั้งตอนที่ 1 และตอนที่ 2 มีสี่ฟัน ขับโดยมอเตอร์ผ่านชุดเฟืองเพิ่มความเร็ว ตัวหมุนตัวเมียมี 6 ฟัน หมุนที่ความเร็ว 2/3 ของตัวหมุนตัวผู้และในทิศทางกลับทางกับตัวหมุนตัวผู้ตัวเมียถูกขับโดยเฟืองอีกชุดหนึ่ง (timing gear) ตัวหมุนได้รับการรองรับด้วยรองลื่นธรรมดา และรองลื่นรับแรงรุน (thrust)ซึ่งเกิดจากความแตกต่างในความดัน ช่องว่างระหว่างตัวหมุนและเสื้อเครื่องอัดถูกกำกับให้คงที่ ส่วนช่องว่างระหว่างตัวหมุนนั้นถูกปรับให้พอดีโดยปรับ

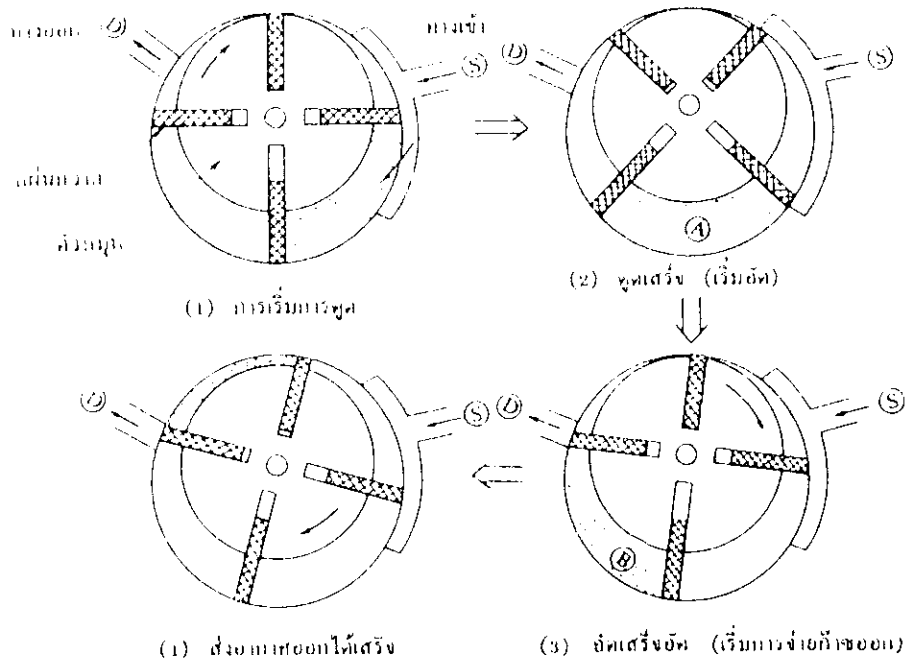
backlash ของ timing gear ดังนั้นจึงไม่มีการสัมผัสกันของตัวหมุนจึงไม่ต้องมีน้ำมันหล่อลื่น ส่วนที่ทำหน้าที่กันรั่วของเพลาใช้ที่กันรั่วชนิด labyrinth ซึ่งประกอบด้วยแหวนคาร์บอน และที่กวาดน้ำมันออกระหว่างรองลื่นและส่วนที่กันรั่วของเพลาเพื่อป้องกันมิให้น้ำมันหล่อลื่นถูกดูดเข้าไปในเสื้อเครื่องอัด ส่วนหนึ่งของน้ำมันหล่อลื่นไหลจากรูที่ปลายของงเพลาตัวหมุนผ่านรูตรงกลางของตัวหมุน ทำหน้าที่หล่อเย็นตัวหมุน เครื่องอัดไม่ใช้น้ำมันนี้ทำงานที่ความเร็วสูงคือสูงกว่าหลายพันรอบต่อนาทีโดยผ่านชุดเฟืองเพิ่มความเร็ว การหมุนเร็วทำให้มีการรั่วของอากาศผ่านช่องว่างน้อยลง อากาศถูกอัดจนถึงความดัน หนึ่งโดยเครื่องอัดตอนที่ 1 แล้วอากาศถูกทำให้เย็นโดยที่หล่อเย็นระหว่างตอน (intercooler) และถูกอัดต่อโดยเครื่องอัดตอนที่ 2 จนถึงความดันที่ต้องการหลังจากนั้นอากาศก็ถูกส่งออกโดยผ่านที่หล่อเย็นหลังการอัด และวาล์วกันลมกลับ เนื่องจากไม่ต้องมีน้ำมันหล่อลื่นระหว่างตัวหมุนอากาศที่ถูกอัดจึงสะอาด

**3.9.3 ลักษณะการสร้างของเครื่องอัดแบบแผ่นกวาด**

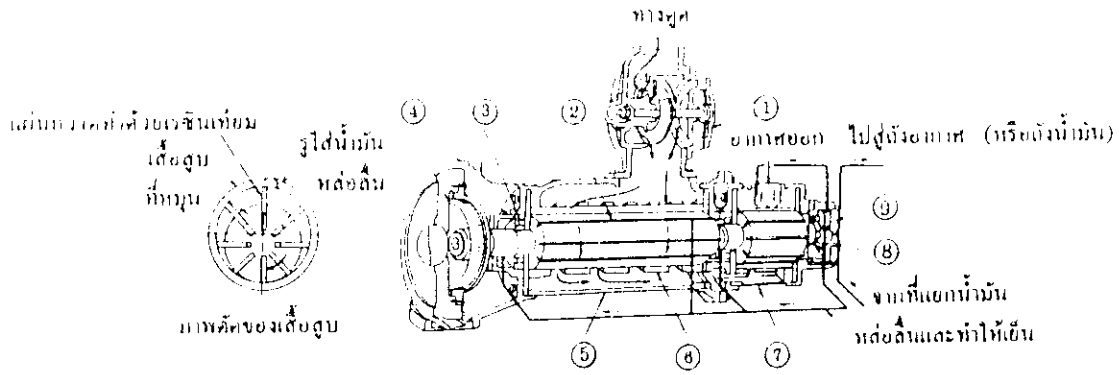
เครื่องอัดชนิดนี้มีตัวหมุนเยื้องศูนย์อยู่ในเสื้อเครื่องสูบ มีร่องหลายร่องในแนวแกนบนตัวหมุน และมีแผ่นสอดอยู่ในร่องเหล่านี้ หลักการทำงานมีแสดงในรูปที่ 3.50

รูปนี้แสดงเครื่องอัดที่มีสี่แผ่น แผ่นเหล่านี้ทำให้เกิดห้องสี่ห้อง ห้องจะค่อยๆ เพิ่มปริมาตรในระหว่างการหมุนเพื่อดูดอากาศ เมื่อห้องมีปริมาตรสูงสุดการดูดก็เสร็จสิ้น แล้วเริ่มกระบวนการอัด มีทางออกอยู่ที่ตำแหน่งที่จะเกิดความดันตามที่ต้องการ และอากาศจะออกไปผ่านทางออกนี้

เครื่องอัดแบบแผ่นกวาดขนาดใหญ่มีการอัดแบ่งออกเป็นสองตอน (รูปที่ 3.51) ส่วนเครื่องอัดขนาดเล็กมีการอัดตอนเดียว สำหรับเครื่องอัดสองตอน ตอนที่หนึ่งและตอนที่สองมีขาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากันแต่ตอนที่สองจะสั้นกว่า



รูปที่ 3.50 หลักการทำงานของเครื่องอัดชนิดแผ่นกวาด




① มีลดอัตราอัดด้านดูด
② แผ่นกวาด
③ ของลื่นแบบลูกกลิ้ง
④ ที่ต่อเพลาใช้เฟือง
⑤ เสื้อสูบความดันต่ำ
⑥ ตัวหมุน
⑦ เสื้อสูบความดันสูง
⑧ เครื่องสูบแยกสิ่งสกปรกออก
⑨ เครื่องสูบน้ำมันหล่อ

รูปที่ 3.51 เครื่องอัดชนิดแผ่นกวาด 2 ตอน

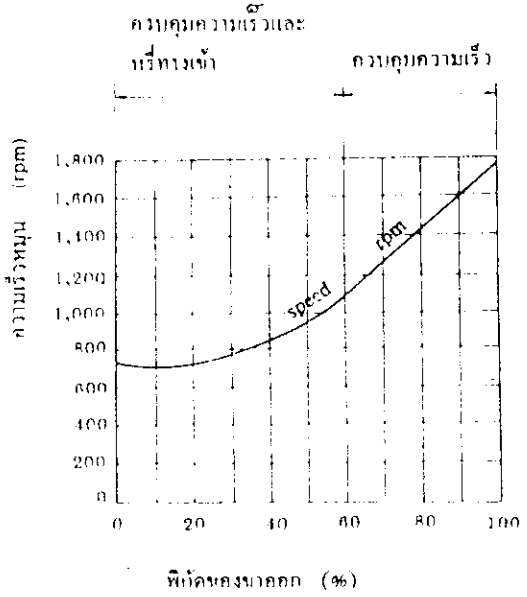
ตัวหมุนประกอบอยู่กับเพลา ปลายทั้งสองของเพลามีรองลื่นแบบลูกกลิ้งรับอยู่เพลาต่อกับเครื่องต้นกำลังโดย spline หรือ gear coupling ที่ปลายเพลาด้านความดันสูงมีเครื่องสูบจ่ายน้ำมัน ส่วนเครื่องสูบดูดน้ำมันจะดูดน้ำมันที่ไปรวมอยู่ที่ทางออกของที่แยกน้ำมันแล้วส่งไปยังถังน้ำมัน แต่เครื่องอัดบางชนิดไม่มีเครื่องสูบจ่ายน้ำมัน ใช้วิธีส่งน้ำมันหล่อลื่นไปหล่อเย็นภายในของเครื่องอัดโดยใช้แรงดันขาออกของเครื่องอัดเอง ส่วนเครื่องอัดบางชนิดไม่มีเครื่องสูบดูดน้ำมันและจะดูดโดยน้ำมันโดยตรงจากทางออกของที่แยกน้ำมันไปสู่ทางเข้าของเครื่องอัด

มีที่ลดอัตราอัดที่ทางเข้าเสื้อเครื่องอัดตอนที่ 1 ทำหน้าที่ปรับปริมาตรอากาศเข้าโดยอัตโนมัติ แผ่นที่สอดอยู่ในร่องของตัวหมุนต้องเลื่อนไปกลับอยู่ในร่องระหว่างการหมุนและปลายของแผ่นเลื่อนอยู่บนผิวของเสื้อเครื่องอัดโดยตรง แผ่นนี้จึงมักทำด้วย phenol resin ซึ่งทนต่อการสึกหรอและการแปรเปลี่ยนรูปร่าง น้ำมันหล่อลื่นทำหน้าที่หล่อเย็น หล่อลื่น และป้องกันการรั่ว น้ำมันจะออกมากับอากาศขาออกเช่นเดียวกับเครื่องอัดแบบเกลียว อากาศขาออกมีน้ำมันผสมอยู่และต้องไปผ่านที่แยกน้ำมัน น้ำมันที่ถูกแยกออก แล้วจะไปผ่านที่ดึงความร้อนจากน้ำมันแล้วจึงวนกลับเข้าไปใช้งาน

สำหรับเครื่องอัด 1 ตอน ความดันใช้งานเท่ากับ 7 $kgf/cm^2$ ( 0.6865 Mpa ) และสำหรับเครื่องอัด 2 ตอน ความดันใช้งานเท่ากับ 10 $kgf/cm^2$ ( 0.9807 Mpa )

เนื่องจากเครื่องอัดแบบแผ่นกวาดนี้กระทัดรัดและเบา และเหมาะที่จะต่อตรงกับเครื่องยนต์ จึงใช้กันส่วนมากเป็นเครื่องอัดเคลื่อนที่ เครื่องอัดขนาดมาตรฐาน มีขนาด 4-17 $m^3/min$ และ 30-130 kW ใช้กันมากสำหรับงานวิศวกรรมโยธา ในการควบคุมอัตราการอัดของเครื่องอัดที่ขับโดยเครื่องยนต์ใช้วิธีควบคุมความเร็วโดยหรี่วาล์ว เพื่อลดอัตราการป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงควบกับการหรี่

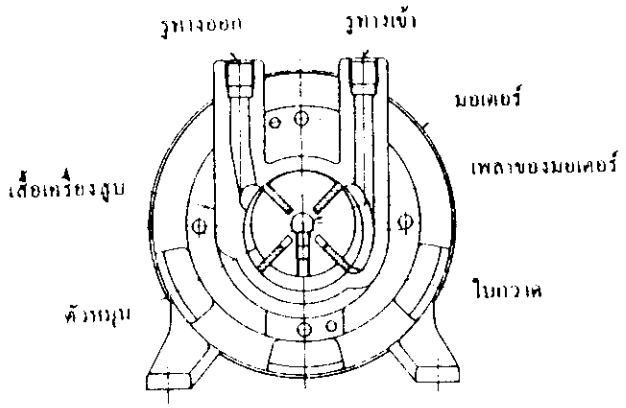
วาล์วขาเข้าของลม ดังในรูปที่ 3.52 ความเร็วของเรื่องยนต์นั้นใช้ปรับอัตราอัดในช่วง 100 - 60% ของอัตราอัดสูงสุด หลังจากนั้นใช้ทั้งความเร็วของเครื่องยนต์และวาล์วหรี่ขาเข้าในการควบคุมในช่วง 60-0%




รูปที่ 3.52 การควบคุมอัตราอัดของเครื่องอัดชนิดแผ่นกวาดเล็กขนาดหิ้วไปได้

ดังกล่าวข้างต้นเครื่องอัดประเภทแผ่นกวาดนี้มักเป็นชนิดป้อนน้ำมันแต่ชนิดที่ไม่ใช้น้ำมันและใช้แผ่นทำด้วยคาร์บอนก็มีสำหรับเครื่องอัดขนาดเล็ก ขนาดต่ำกว่า 750 W

ในกรณีนี้ความดันขาออกจะต้องต่ำเพื่อเลี่ยงปัญหาการรั่วและการร้อนจัด ความดันขาออกสูงสุดมักจะเป็น 0.5 kgf/cm$^2$ ( 0.0491 Mpa ) รูปที่ 3.53 แสดงภาพตัดของเครื่องอัดไม่ใช้น้ำมันขนาดเล็ก




รูปที่ 3.53 เครื่องอัดชนิดแผ่นกวาดที่ไม่ใช้น้ำมันหล่อลื่น

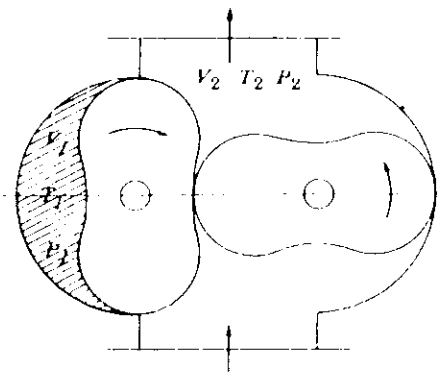
**3.9.4 ลักษณะการสร้างของเครื่องเป่า Roots (Roots blower)**

เครื่องเป่า Roots มีตัวหมุนรูปเลขแปดสองอัด เฟสต่างกัน 90° อยู่ภายในเสื้อเครื่องอัดดังในรูปที่ 3.54 ตัวหมุนคู่นี้หมุนในทางกลับกันเพื่อส่งก๊าซซึ่งถูกกักอยู่ระหว่างตัวหมุนและเสื้อจากทางเข้าไปสู่ทางออกเครื่องเป่านี้ถือเป็นประเภทกวาด ( displacement ) เช่นเดียวกับเครื่องอัดประเภทแผ่นกวาด

เนื่องจากการหมุนของตัวหมุนเกิดจากเฟืองคู่หนึ่ง ( timing gear ) ที่อยู่บนเพลาของตัวหมุน ดังนั้นตัวหมุนจะไม่แตะกันแต่มีช่องว่างตามที่กำหนด ดังนั้นจึงไม่ต้องการหล่อลื่นภายในและก๊าซที่ออกไปจากเครื่องเป่าจะสะอาด

ความดันขาออกสำหรับเครื่องเป่าชนิดนี้เท่ากับ 0.8 kgf/cm$^2$ (0.0785 Mpa) สำหรับการอัด 1- ตอนและเท่ากับ 2.0 kgf/cm$^2$ (0.1961 Mpa) สำหรับการอัด 2-ตอน และอัตราปริมารอากาศที่ถูกอัดจะอยู่ระหว่าง 2- 200 m$^3$/min

ในการทำงานของเครื่อง Roots อากาศจากทางเข้าจะถูกกักไว้ในช่องว่างระหว่างตัวหมุนและเสื้อสูบอัดแล้วพาไปปล่อยที่ทางออก ในรูปที่ 3.54 ถ้า $V_2$ ซึ่งเป็นปริมาณของอากาศที่ทางออกซึ่งใหญ่กว่าปริมาณขาเข้า $V_1$ มากพอและถ้าปริมาณ $V_1$ และความดันขาออก $P_2$ ไม่ลดลงและถ้าไม่คำนึงถึงงานที่เกิดจากการรั่วและความฝืด จะถือได้ว่างานที่ใช้ในการอัดของเครื่องเป่า Roots เท่ากับงานที่ใช้อัดอากาศปริมาณ $V_1$ จากความดัน $P_1$ เป็นความดัน $P_2$ แล้วส่งออกไปผ่านทางออก

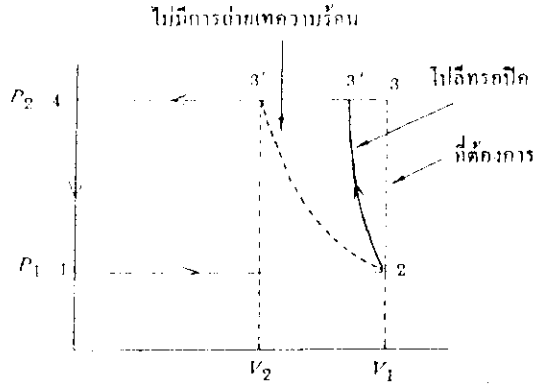



**รูปที่ 3.54** เครื่องเป่า Roots

งานที่เรียกกันว่า "งานอัด ideal ของ Roots" และแทนได้โดยเนื้อที่ 1,2,3,และ4 ในรูปที่ 3.55 แต่เนื่องจากมีความฝืดเนื้อที่นี้จึงเป็น 1,2,3' และ 4 ช่วง 2,3' เป็นการอัด polytropic

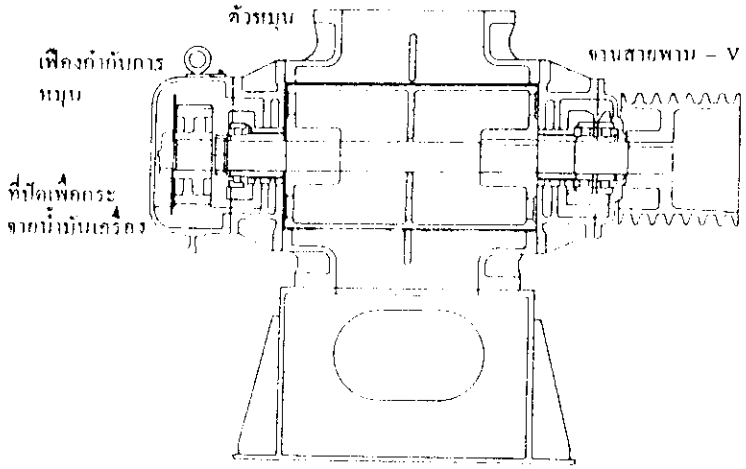
ด้วยลักษณะการทำงานของเครื่องเป่า Roots ดรรชนี polytropic จึงสูงและมีค่าระหว่าง 1.56-1.8 ทั้งนี้เมื่อเทียบกับกรณีของเครื่องอัดแบบลูกสูบ ที่อัดโดยไม่มีการถ่ายเทความร้อน

ถ้าเป็นการอัดของเครื่องอัดแบบลูกสูบ งานที่ใช้ในการอัดจะแทนได้ด้วยเนื้อที่ 1,2,3' ,และ 4 ดรรชนี polytropic จะใกล้กับอัตราส่วนของความร้อนจำเพาะ (1.4 สำหรับอากาศ) แต่สำหรับเครื่องเป่า Roots มีการสูญเสียความดันมากกว่า งานที่ต้องใช้ในการอัดจึงมากกว่าและอุณหภูมิอากาศขาออกก็สูงกว่าด้วย




รูปที่ 3.55 งานที่ต้องใช้ในการอัดสำหรับที่เป่า Roots

รูปที่ 3.55 แสดงลักษณะการสร้างของเครื่องเป่า Roots ชนิดธรรมดา เพลาสอดอยู่ในตัวหมุนซึ่งทำด้วยเหล็กหล่อคุณภาพดี หรือโลหะผสมเบา และรองรับโดยรองลื่นลูกปืนหรือลูกกลิ้ง ซึ่งฝังอยู่ในแผ่นประกับหัวท้ายของเสื้อของเครื่องเป่า เนื่องจากชุดเฟืองควบคุม ( timing gear ) นั้นปรับได้ละเอียดมาก จึงทำให้มีช่องว่างเล็กมากระหว่างตัวหมุน และระหว่างตัวหมุนกับเสื้อ โดยที่ตัวหมุนทั้งสองหมุนโดยไม่แตะกันเลย




รูปที่ 3.56 รูปตัดทางยาวของเครื่องเป่า Roots

เครื่องเป่า Roots มีสมรรถนะอยู่ระหว่างกลางระหว่างเครื่องเป่าแรงเหวี่ยงและเครื่องอัดแบบลูกสูบและมีข้อดีตรงที่ไม่มีการรวน (surge) ปรับความเร็วได้ง่าย ปรับอัตราอัดได้ง่ายโดยให้ส่วนหนึ่งของอากาศไม่ถูกอัด (bypass) และทำงานโดยไม่ต้องมีน้ำมันหล่อลื่นภายใน ดังนั้นจึงเหมาะที่จะใช้กับก๊าซเบากว่าอากาศ เช่น ก๊าซเชื้อเพลิง และใช้กันมากในการส่งอากาศเพื่อทำหน้าที่ขนส่งผงหรือชิ้นละเอียดเป็นระยะทางสั้นๆ และยังใช้เป็น supercharger สำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในอีกด้วย เนื่องจากเครื่องเป่า Roots มีการแปรเปลี่ยนในการไหลของอากาศขาออกอยู่บาง และการแปรเปลี่ยนในความดันมักทำให้เกิดเสียง จึงควรมีที่เก็บเสียงเพื่อให้ทำงานได้เงียบ

3.9.5 อุปกรณ์ประกอบสำหรับเครื่องอัด

จะได้กล่าวถึงอุปกรณ์ประกอบที่สำคัญของเครื่องอัด ดังต่อไปนี้

*(ก) ที่เก็บเสียง*

ที่เก็บเสียงมีอยู่ทั้งทางออกและทางเข้า

ถึงแม้จะมีที่เก็บเสียงอยู่หลายประเภท แต่ชนิดหลักมีชนิดโพรง ( cavity) หรือ resonance และชนิดดูดกลืนเสียง ที่เก็บเสียงส่วนใหญ่จะเป็นชนิดที่รวมคุณลักษณะของทั้งสามชนิดไว้ด้วยกัน

เนื่องจากขนาดและรูปร่างของที่เก็บเสียงแปรตามปริมาตรอากาศ ความดันขาออก อุณหภูมิ และความมากน้อยในการแปรเปลี่ยน (pulsation) ของเครื่องอัดดังนั้นจึงควรแจ้งให้บริษัทผู้ผลิตที่เก็บเสียงให้ทราบถึงข้อมูล เกี่ยวกับส่งแวดล้อม ลักษณะการใช้งานจุดประสงค์ของการใช้งานและระดับเสียงที่ยอมรับได้

ถ้าเครื่องอัดมีขนาดใหญ่ หรือมีเครื่องอัดอยู่ในที่เดียวกันหลายเครื่อง อาจใช้ทางเข้าร่วมกันและทำเป็นห้องเก็บเสียงหุ้มด้วยวัสดุดูดกลืนเสียง

*(ข) ที่หล่อเย็นหลังการอัด (Aftercooler)*

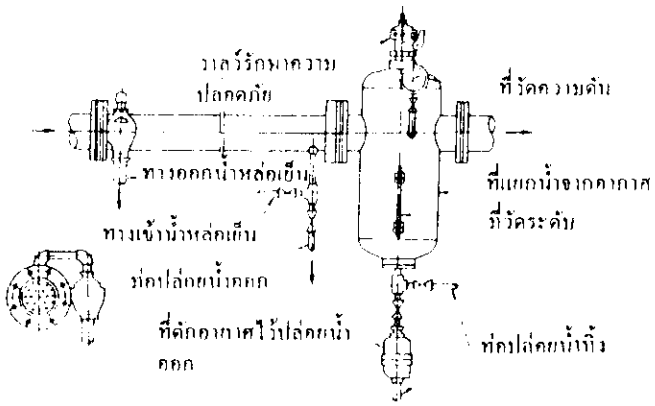
อากาศที่ดูดเข้าไปและถูกอัดในเครื่องอัดจะมีไอน้ำปนอยู่มาก ถ้าอากาศขาออกที่มีไอน้ำอยู่นี้เย็นลง ไอน้ำจะกลั่นตัวเป็นน้ำและผสมไปกับอากาศ ไปเข้าเครื่องจักรเช่น เครื่องมือใช้อากาศอัด หรืออุปกรณ์อื่นทำให้เกิดปัญหาเช่น น้ำมันหล่อลื่นเสื่อมคุณภาพเพราะมีน้ำเข้าไปปนการเกิดสนิมในท่อหรือที่วาล์วการสูญเสียความดัน เพราะเนื้อที่ทางผ่านของอากาศต้องลดลง เป็นต้น

ที่หล่อเย็นหลังการอัดทำหน้าที่ดึงเอาความชื้น และน้ำมันออกมาจากอากาศอัด ถ้าที่หล่อเย็นนี้อยู่ใกล้เครื่องอัด ทำให้ระยะท่อที่รับอากาศร้อนน้อยลงก็จะลดปริมาณคาร์บอนที่ติดท่อ

ที่หล่อเย็นหลังการอัดแต่ละตัวประกอบด้วยเช่น ส่วนหล่อเย็น และส่วนแยกน้ำและน้ำมันออกจากลมมีที่หล่อเย็นหลังการอัดอยู่ สองประเภท : ชนิดถังและท่อ (shell and tube) และชนิดท่อขด (coiled)

ชนิดถังและท่อใช้กันมากสำหรับความดันถึง 30 kgf/cm$^2$ (2.942 Mpa) มีทั้งชนิดนอนและตั้ง ถ้าใช้ท่อยาว เส้นผ่านศูนย์กลางเล็กๆ ก็จะได้เนื้อที่ถ่ายเทความร้อนมากโดยกินที่น้อย (โปรดดูรูปที่ 3.57 ซึ่งเป็นรูปของที่หล่อเย็นด้วยน้ำชนิดนอน)

ชนิดท่อขดใช้สำหรับความดันสูงกว่า 30 kgf/cm$^2$ (2.942 Mpa) แต่ความสามารถในการหล่อเย็นสู้ชนิดแรกไม่ได้ ท่อขดนี้จุ่มอยู่ในถังน้ำ

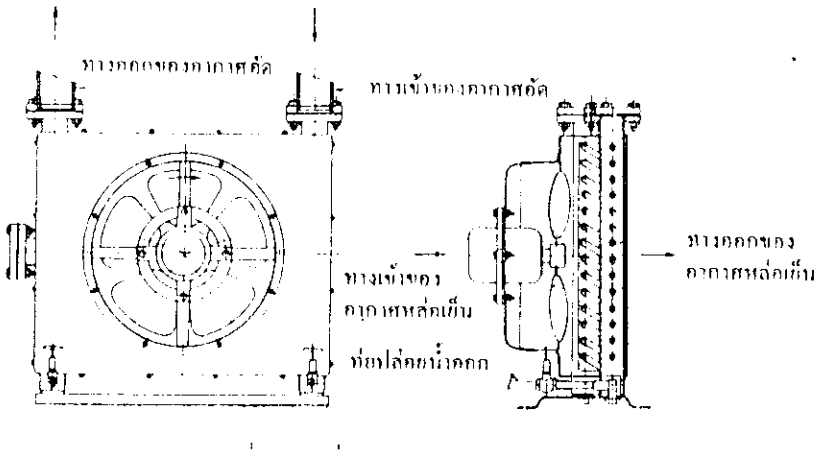



รูปที่ 3.57 ที่หล่อเย็นหลังการอัด หล่อเย็นด้วยน้ำ (ชนิดถังและท่อหรือ shell and tube)

ชนิดตั้ง กินที่น้อยกว่าในการติดตั้ง แต่ทำงานไม่สะดวกเพราะต้องดึงท่อขึ้นเมื่อต้องการถอดออกและกลไกการเอาน้ำและน้ำมันทิ้งก็ทำได้ยาก

ชนิดนอนนั้นทำงานง่าย และกินที่มาก แต่อาจวางขนานกับผนังหรือหน้าต่าง จึงไม่สู้เกิดปัญหาในเรื่องกินที่ในการติดตั้ง

สำหรับเครื่องอัดขนาดเล็ก มักใช้ที่หล่อเย็นที่มีครีบ และหล่อเย็นด้วยอากาศจากพัดลม ( โปรดดูรูปที่ 3.58 ) มีวิธีการแยกน้ำและน้ำมันทิ้งไปอยู่หลายวิธีเช่นวิธีที่กรอง วิธีกระแทก ( impact type) วิธีขยายตัว (expansion type) และวิธี cyclone




รูปที่ 3.58 ที่หล่อเย็นหลังการอัดหล่อเย็นด้วยลม

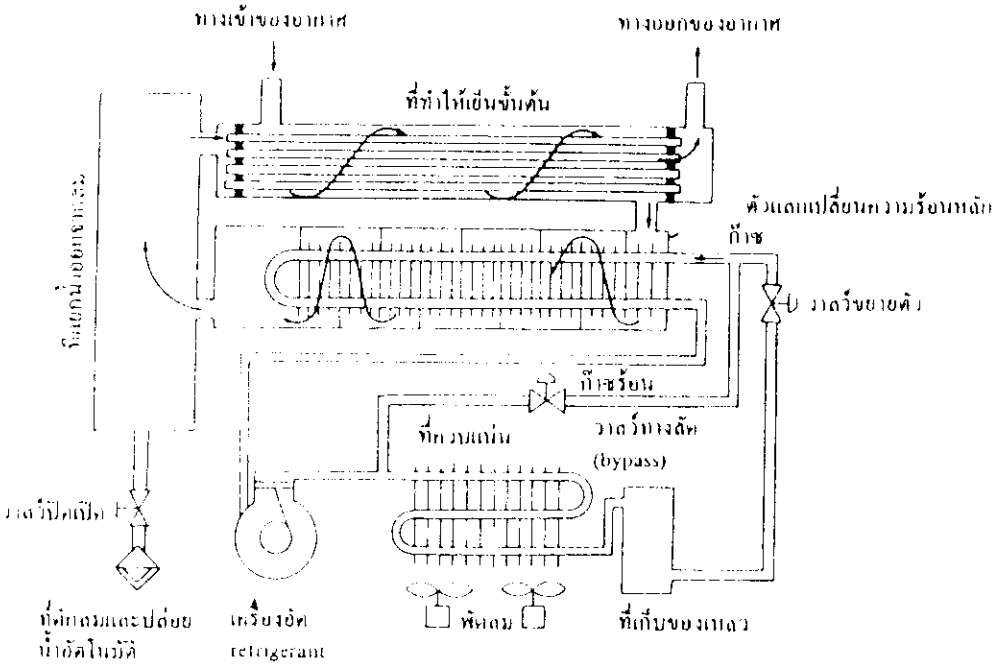
***(ค) ที่ทำให้แห้ง (Dryers)***

อากาศอัดที่ได้แยกน้ำที่กลั่นตัวออกแล้วจะยังอิ่มตัวด้วยไอน้ำที่อุณหภูมินั้นถ้าต้องการเอาความชื้นออกอีก ต้องใช้ที่ทำให้แห้ง(dryer)

มีที่ทำให้แห้งอยู่หลายชนิด ที่ใช้กันมากคือชนิดทำความเย็น (refrigeration) และชนิดดูดซับ (adsorption)

ชนิดทำความเย็นนั้นใช้เมื่อต้องการใช้จุดน้ำค้าง ( dew point ต่ำกว่าเส้นอิ่มตัว (ที่ความดันของอากาศอัด) เกิน 2°C

ในรูปที่ 3.59 อากาศอัดถูกทำให้เย็นชั้นต้นในตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) ซึ่งมีการถ่ายเทความร้อนระหว่างอากาศเข้าและอากาศออกแล้วจึงไปเข้าตัวแลกเปลี่ยนความร้อนหลัก ในที่นี้อากาศจะถูกทำให้เย็นเต็มที่และความชื้นส่วนใหญ่จะกลั่นตัวเป็นไอน้ำโดยการใช้ระบบทำความเย็น




รูปที่ 3.59 ระบบทำให้อากาศแห้ง

อากาศอัดที่ออกจากตัวแลกเปลี่ยนความร้อนหลักจะเข้าไปที่ทำให้เย็นชั้นต้นดังที่กล่าวข้างบน เพื่อทำให้อากาศที่เริ่มเข้า (dryers) เย็นลง หลังจากนั้นจึงส่งอากาศอัดไปใช้ต่อไป ที่ทำให้แห้งชนิดดูดซับความชื้น (adsorption) ใช้สารดูดความชื้น (disccants) ในการดูดความชื้นจากอากาศ

ที่ทำให้แห้งชนิดนี้ส่วนใหญ่ใช้สำหรับอุปกรณ์หรือกระบวนการที่จำเป็นต้องมีจุดน้ำค้างต่ำกว่า -40°C (233 K) ที่ความดันภายหลังการอัด สารดูดความชื้นเป็นสารเคมีพรุนที่สามารถดูดซับความชื้นไว้ที่ผิวและสามารถใช้ได้อีกหลักจากที่ได้ใช้ความร้อนไล่ความชื้นออกไปแล้ว

สารดูดความชื้นส่วนใหญ่คือ silica gel และ activated alumina ที่ทำให้แบบดูดซับมีท่อ 2 ท่อ ท่อหนึ่งใช้สำหรับทำให้อากาศอัดแห้ง ส่วนอีกอันหนึ่งได้รับความร้อนเพื่อไล่ความชื้นออก

หลังจากที่ได้ไล่ความชื้นอยู่ชั่วระยะเวลาหนึ่งแล้วก็จะปล่อยอากาศอัดเข้าสู่ท่อเพื่อทำให้แห้ง แล้วเริ่มไล่ความชื้นออกจากอีกท่อหนึ่ง ดังนั้นท่อคู่นี้จะทำงานสลับกัน ที่ทำให้แห้งแบบดูดซึมนี้สามารถให้จุดน้ำค้างที่ต่ำกว่าชนิดใช้ระบบทำความเย็น แต่เป็นชนิดที่มีค่าใช้จ่ายในการใช้งานสูงกว่า

**3.10 ข้อมูลทางด้านแมคคานิก**

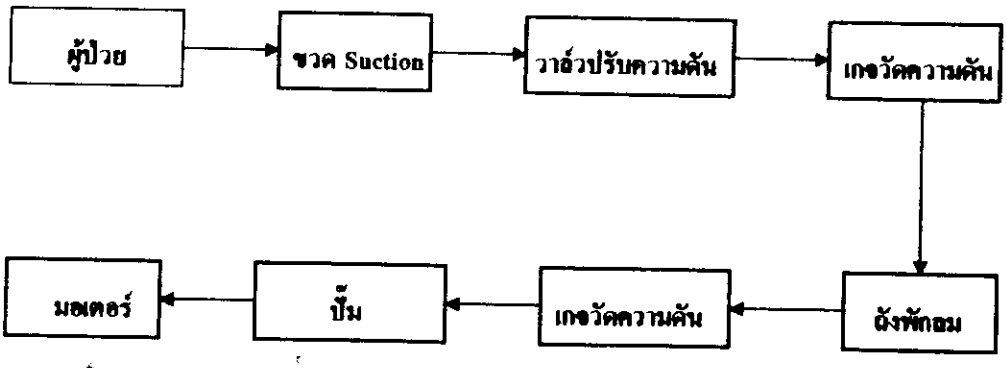
จากการศึกษาเครื่องดูดเสมหะ(Suction) ในปัจจุบันเราสามารถจะจำแนกเครื่องดูดเสมหะแรงดันสูงตามสภาพการใช้งานคือ

1. แบบอยู่กับที่ (Fix model) ได้แก่ Pipe line
2. แบบพกพา(Slide model) ได้แก่ แบบรถเข็น,แบบมือถือเป็นต้น

ซึ่งแต่ละชนิดนั้นขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งาน โดยทั้งสองแบบนั้นจะมีหลักการทำงานคล้ายกันคือใช้ปั๊มดูดอากาศโดยผ่านกับดักซึ่งเป็นขวดแก้ว ทำให้เกิดสูญญากาศเกิดขึ้นภายในขวดทำให้ความดันเกิดความแตกต่างกันจึงสามารถดูดเสมหะออกมาได้สำหรับค่าแรงดันต่ำสุดที่จะต้องปรับไว้คือ ไม่ต่ำกว่า 40 mm.Hgถึงจะใช้งานได้ดี สำหรับความเร็วรอบที่ใช้นั้นไม่เกิน 3000 rpm สำหรับการใช้งานจะกล่าวรายละเอียดต่อไป ในที่นี้จะยกตัวอย่างเฉพาะบางรุ่นที่ได้ศึกษามาคือ

**3.10.1 เครื่องดูดเสมหะแบบเดินท่อ (Pipe line)** เป็นแบบที่นิยมมากในปัจจุบันเนื่องจากสามารถใช้งานได้หลายจุดโดยเพียงแต่ต่อขวดและสายดูดเข้ากับท่อเมนก็สามารถใช้งานได้ แต่ที่สำคัญคือต้องมีวาล์วปรับความดันซึ่งมีราคาแพง สำหรับการคำนวณค่าแรงดูดในแต่ละจุดนั้นจะต้องเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน ซึ่งจะต้องใช้ช่างผู้ชำนาญออกแบบระบบท่อซึ่งได้นำหลักการออกแบบท่อไว้แล้วในตอนต้น

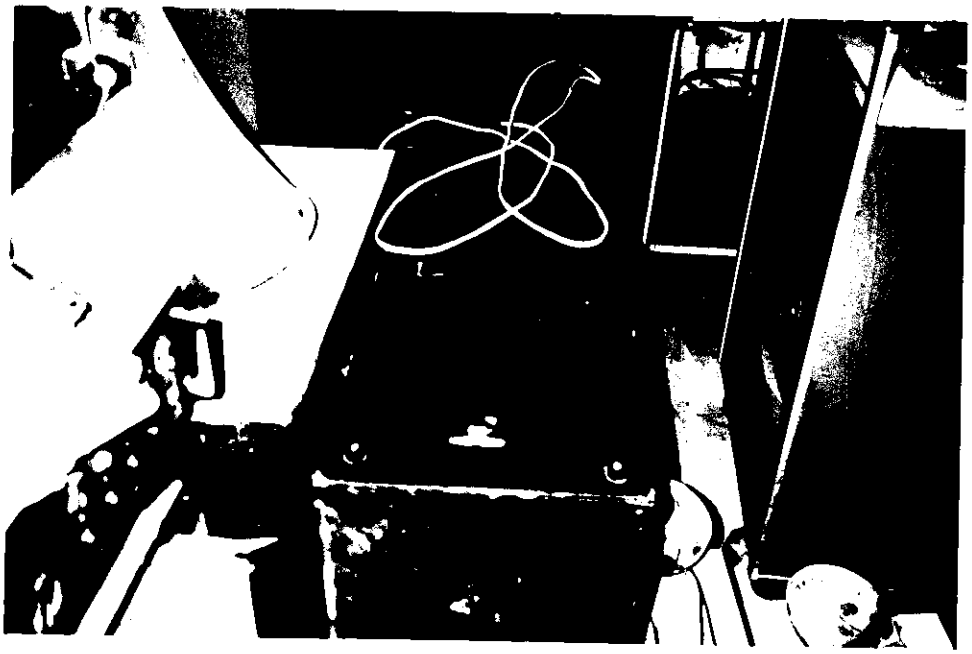
เราสามารถเขียนไดอะแกรมอย่างคราวๆดังนี้




รูปที่ 3.60 แสดงไดอะแกรมการทำงานของ Suction เครื่องดูดเสมหะแรงดันสูง

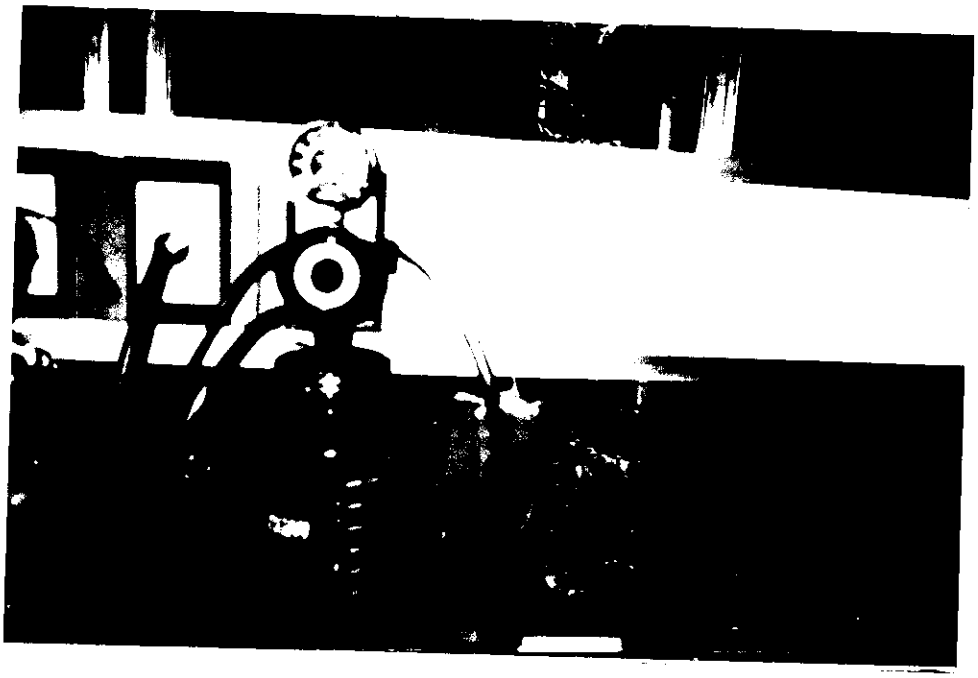
เราสามารถอธิบายได้ดังนี้

**ก. สายดูด**-เป็นพลาสติกแข็งหรืออาจจะเป็นสายยางอ่อนก็ได้ซึ่งเราสามารถพบเห็นในโรง-พยาบาลทั่วๆไปขนาดที่ใช้กันนั้นเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 3 มม.- 1 ซม หรืออาจจะเรียกเป็นเบอร์ในเวลาสั่งซึ่งส่วนใหญ่จะใช้เบอร์ 6,10,16และ18 ซึ่งจะเป็นสายต่อท่อยาวประมาณ 50 cm.โดยระหว่างสายนั้นจะมีตัวปรับความดันแบบใช้มือเป็นตัวปรับความดันเรียกว่า Single trip หรือ three way ซึ่งเป็นตัวปรับให้แรงดูดจะให้มากหรือน้อยดังแสดงในรูปที่ 3.61



รูปที่ 3.61 Single trip หรือ Three way

**ข.ขวด Suction** - เป็นขวดแก้วซึ่งแล้วแต่ว่าบริษัทจะผลิตมาขนาดที่ใช้มีความจุตั้งแต่ 1-2 ลิตรซึ่งเป็นขนาดที่นิยมใช้ที่สุด ในสภาพการใช้งานปกติขวดนี้จะถูกเปลี่ยนทุกๆ 8 ชั่วโมง เหตุผลนั้นเพื่อความสะอาดและอีกประการคือป้องกันการล้นของของเหลวเข้าสู่ห้องสูบเนื่องจากความเผลอในการใช้งาน ในการฆ่าเชื้อนั้นเมื่อก่อนจะใช้น้ำยา lysol 2 % แต่ในปัจจุบันมีระบบกำจัดน้ำเสียทำให้ไม่ยุ่งยากในการฆ่าเชื้อ นอกจากนั้นจะมีฝาปิดที่กันการรั่วของอากาศได้ดีซึ่งทำจากยางผสมกันการกัดกร่อนจากของเหลวได้ดีดังแสดงในรูปที่ 3.62



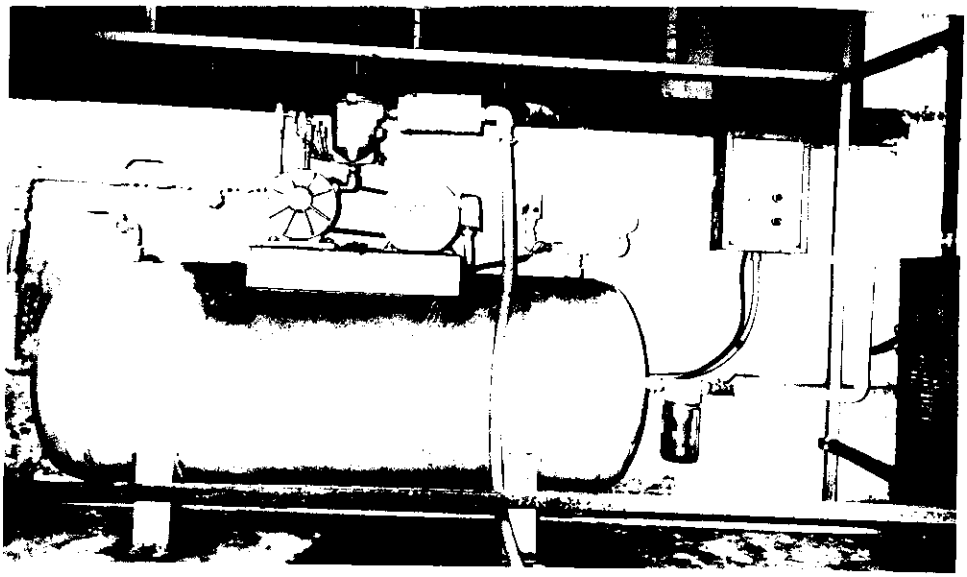
รูปที่ 3.62 แสดงขวด Suction

ลูกลอยกันน้ำล้น-เป็นการป้องกันและกรองของเหลวหรือไอน้ำที่จะมากับท่อดูดซึ่งจะมีตัวกรองไอน้ำบางยี่ห้อจะลูกลอยกันน้ำล้นและมีสวิตตัวไฟป้องกันไว้ในตัว

วาล์วปรับแรงดัน-เป็นวาล์วที่สามารถปรับความดันได้ละเอียดซึ่งจะไม่กล่าวถึงเท่าใดนัก เนื่องจากแต่ละบริษัทจะผลิตออกมาแตกต่างกันไปโดยปกตินั้นเราจะตั้งค่าความดันไว้ที่ สเกล 0-30 in.Hg(Vac) หรือ 0-76 cm.Hg(vac)ซึ่งเป็นค่าแรงดันใช้งานความแรงในการดูดขึ้นอยู่กับการปรับดังนั้นจึงต้องเชคทุกครั้งก่อนการใช้งาน

เกจความดัน-ซึ่งในที่นี้จะไม่กล่าวถึง

ถังพักลม-ที่นิยมใช้จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ฟุต ยาว 1 เมตรสำหรับรายละเอียดนั้นได้กล่าวไว้ในตอนต้นแล้วดังแสดงในรูปที่ 3.63

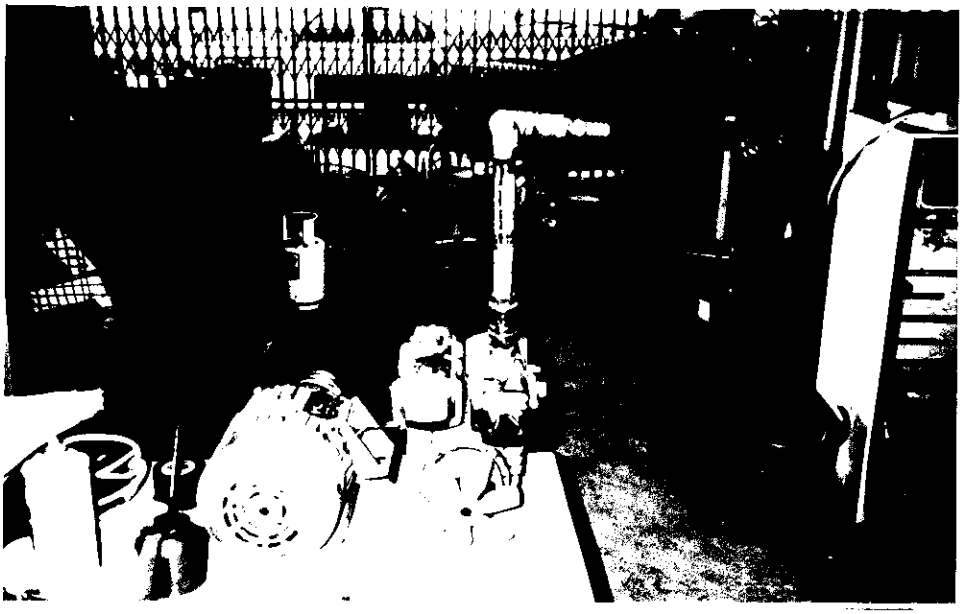


รูปที่ 3.63 แสดงระบบของถังเก็บลมที่ใช้กับเครื่องดูดเสมหะ

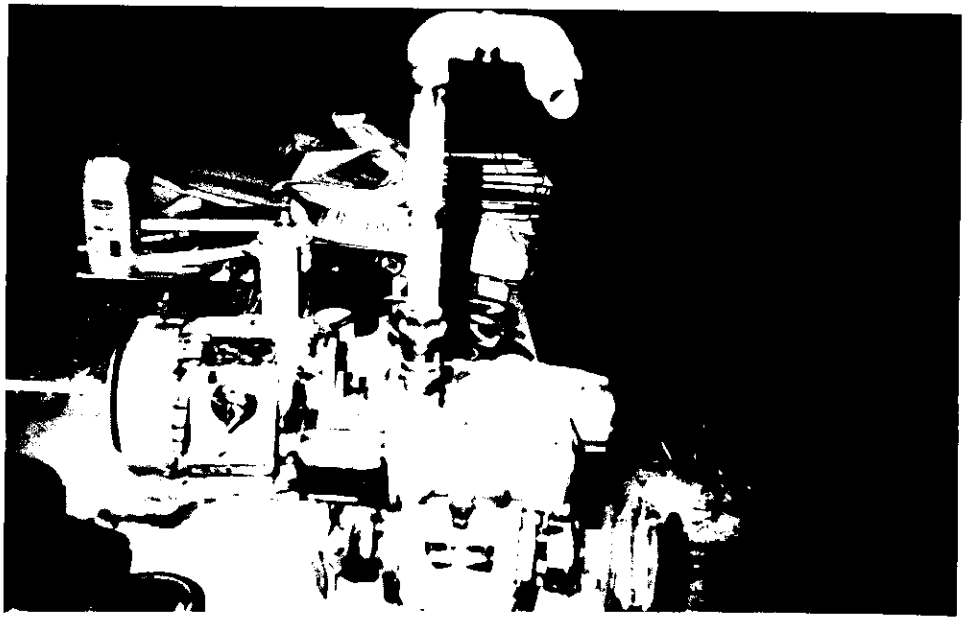
เราจะเห็นว่าก่อนจะเข้าถังพักนั้นจะมีตัวกรองอากาศทำให้ไอน้ำเข้าสู่ระบบยากยิ่งขึ้น แต่มีบางกรณีที่ไอน้ำหรือน้ำสามารถเข้าได้ เนื่องจากใช้แรงดูดที่สูงมากอาจจะทำให้ไอไหลเข้าเครื่องสูบโดยไม่ตกสู่ถังพักลม

**ค.ปั๊มอัดอากาศ**

จากที่ได้นำเสนอหลักการของปั๊มมาแล้วคราวนี้เรามาทำความรู้จักและหลักการของปั๊มที่นำมาทำเครื่องดูดเสมหะบ้าง หลักการง่ายๆคือเราแรงดูดแทนแรงอัด ซึ่งปั๊มที่นิยมนำมาใช้ในการทำเครื่องดูดเสมหะนั้นส่วนใหญ่จะเป็นปั๊มโรตารีแบบแผ่นกวาดซึ่งเคยกล่าวมาแล้วครั้งหนึ่งในเรื่องเครื่องอัดแบบโรตารีลักษณะของปั๊มโรตารีแบบแผ่นกวาดแสดงในรูปที่ 3.64และ 3.65



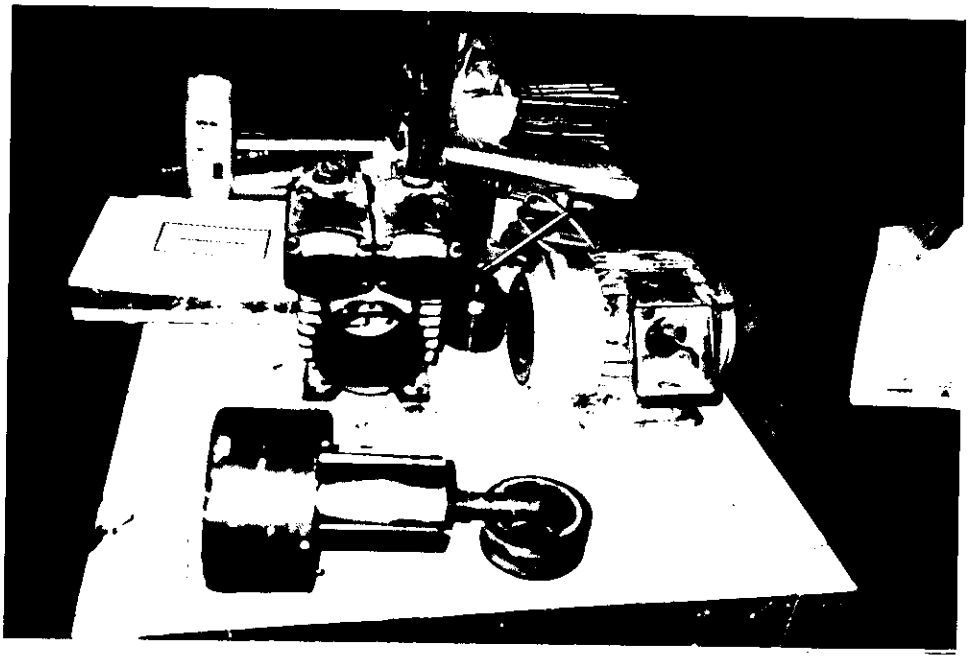
รูปที่ 3.64 ปั๊มโรตารีแบบแผ่นกวาด



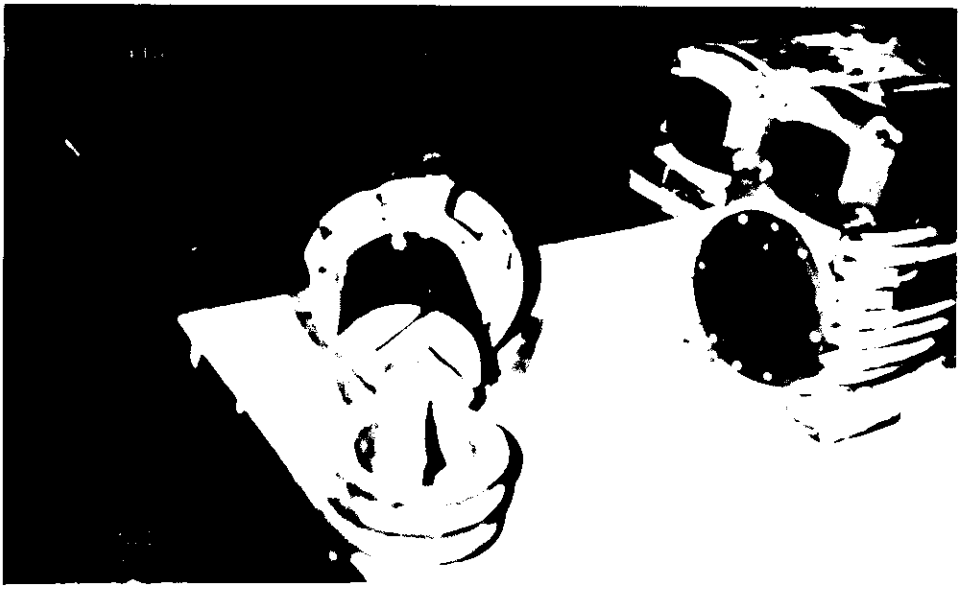
รูปที่ 3.65 ปั๊มโรตารีแบบแผ่นกวาด

ซึ่งจะเห็นเพียงแต่ลักษณะภายนอกซึ่งการส่งกำลังนั้นจะเป็นการส่งกำลังโดยใช้สายพานขับโดยมอเตอร์ขนาด 2 แรงม้าจากการศึกษาเครื่องอัดลมที่นำมาทำเป็นเครื่องดูดเสมหะนั้นจะใช้มอเตอร์ดังนี้ 2 Hp , 4 pole type , ความถี่ 50 Hz , 220-380 Volt , กระแส 6.2-3.6 Apm ความเร็วรอบ 1420 rpm ซึ่งเป็นของยี่ห้อ ORION สำหรับปั๊มเป็นแบบ Dry Pump

ลักษณะของปั๊มโรตารีแบบเวนหรือแบบแผ่นกวาดนั้นลักษณะการทำงานมีดังนี้คือ ภายในห้องสูบนั้นจะเป็นทรงกระบอกผิวเรียบดังแสดงในรูป 3.66 และ 3.67

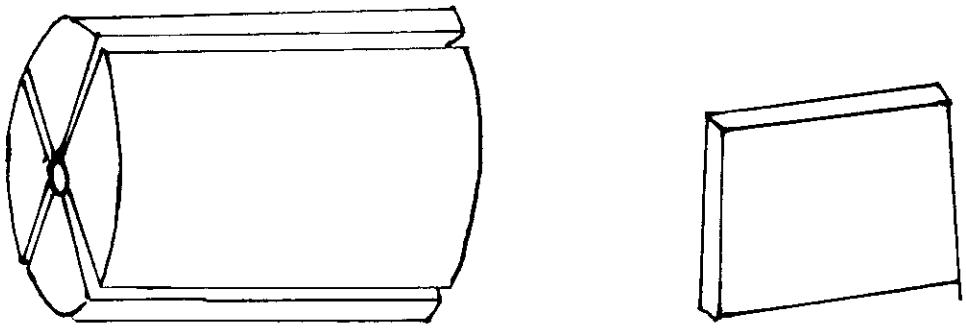


รูปที่ 3.66 แสดงลักษณะภายในปั๊มโรตารี



รูปที่ 3.67 แสดงลักษณะภายในปั๊มโรตารี

ซึ่งจะมีร่องสำหรับใส่แผ่นซึ่งเป็นตัวที่จะกวาดให้อากาศนั้นมีปริมาณน้อยลงเหมือนการกดอัดแล้วเมื่อถึงทางออกก็จะมีแรงอัดมากทำให้อากาศเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วและทำ เช่นนี้ด้วยความเร็วคงที่ ซึ่งแผ่นกวาดนี้จะเป็นแผ่นคาร์บอนแข็งหรือเรียกอีกอย่างว่าแผ่น Blackalite ซึ่งมีความแข็งและทนความร้อนได้ดี เราสามารถแสดงรูปร่างของแผ่นกวาดนี้โดยแสดงด้านที่เป็นด้านกวาดดังในรูป 3.68



รูปที่ 3.68 แสดงร่องสำหรับใส่แผ่นกวาดและแผ่นกวาด

และนี้เป็นหลักการของปั๊มโรตารีแบบแผ่นกวาดซึ่งเป็นที่นิยมในการนำมาใช้ออกแบบเครื่องดูดเสมหะเนื่องจากลมดูดนั้นจะเรียบซึ่งต่างจากเครื่องอัดแบบลูกสูบนั้นจะมีการสั่นของลมดูดซึ่งทำให้การดูดไม่ต่อเนื่อง และอะไหล่สามารถเปลี่ยนได้ง่ายดูแลรักษาง่านเนื่องจากเป็นปั๊มแบบแห้งใช้ลมเป็นตัวหล่อเย็น

ปัญหาที่มักจะเกิดขึ้นกับปั๊มโรตารีแบบแผ่นกวาดนี้คือ

1. แผ่นกวาดหรือแผ่นคาร์บอนมักจะแตกหรือบิ่นเนื่องจากการมีสิ่งแปลกปลอมโดยเฉพาะของเหลวเป็นที่ทราบอยู่เหลวว่าของเหลวจะมีความหนืดมากถ้าอุณหภูมิสูงดังนั้นเมื่อของเหลวเข้าไปสะสมอยู่มากๆและมีฝุ่นเข้ามาผสมทำให้เกิดความฝืดทำให้เกิดการแตกทำให้มีลมรั่วออกความดันภายในห้องอัดลดลง

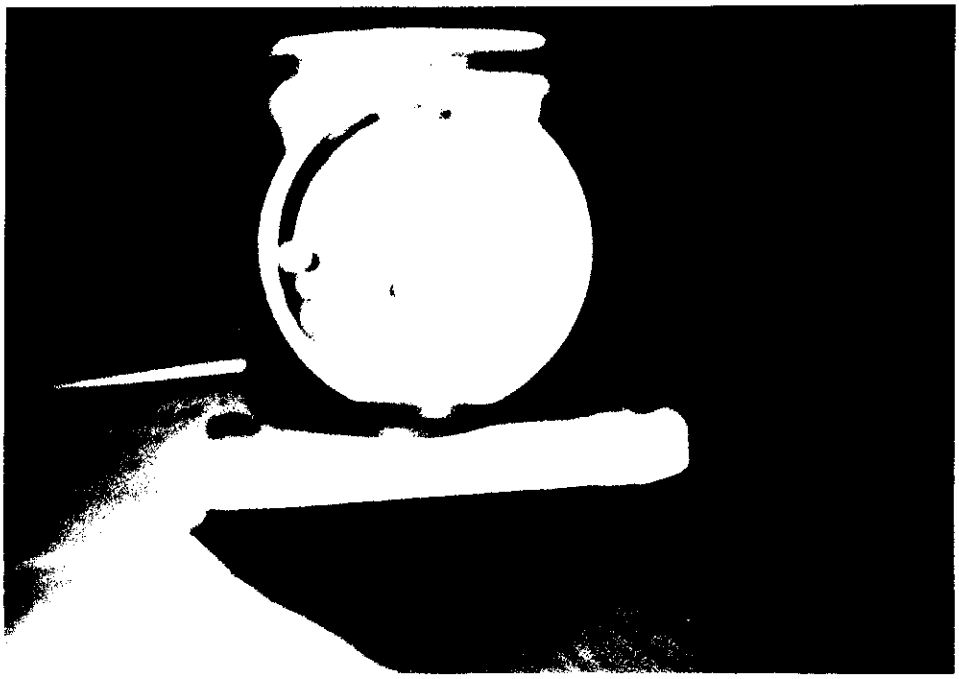
2. เป็นสามเหตุต่อเนื่องมาจากข้อ 1 คือเมื่อแผ่นบิ่นหรือแตกทำให้เศษของแผ่นกวาดซึ่งมีความแข็งมากไปเสียดสีกับผนังของห้องสูบเกิดรอยผนังห้องสูบไม่เรียบทำให้ความดันลดลง

3. เป็นต้นเหตุของข้อ 1และ ข้อ 2เนื่องจากความประมาทรู้เท่าไม่ถึงในการใช้ปล่อยให้น้ำล้นเข้าสู่ระบบทำให้เกดความเสียหาย

4. การไหม้ของมอเตอร์เนื่องจากการใช้งานเป็นเวลานานๆหรือเกิดการติดขัดในห้องสูบทำให้มอเตอร์มีโหลดมากทำให้มอเตอร์ไหม้ได้

**3.10.2.เครื่องดูดเสมหะแบบรถเข็น**

เครื่องดูดเสมหะแบบรถเข็นเราจะสามารถพบเห็นในโรงพยาบาลทั่วๆไปซึ่งมีหลายยี่ห้อเช่น ยี่ห้อโธมัส ,ยี่ห้อ Gast เป็นต้นซึ่งส่วนใหญ่นั้นจะนำเอาปั๊มโรตารีแบบแผ่นกวาดมาทำซึ่งจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งกวาดเล็กกว่าปั๊มโรตารีแบบ Pipe lineแต่มีหลักการทำงานคล้ายคลึงกันดังนั้นจะไม่นำเสนอแต่จะมีปั๊มอีกชนิดที่ใช้ทำเครื่องดูดเสมหะนั่นคือปั๊มแบบไดอะแฟรมซึ่งหลักการได้นำเสนอไปแล้วข้างต้น แต่ที่จะกล่าวถึงนี้เป็นหลักการทำงานของปั๊มไดอะแฟรมที่ใช้หลักการของลูกเบี้ยวดังแสดงในรูป 3.69



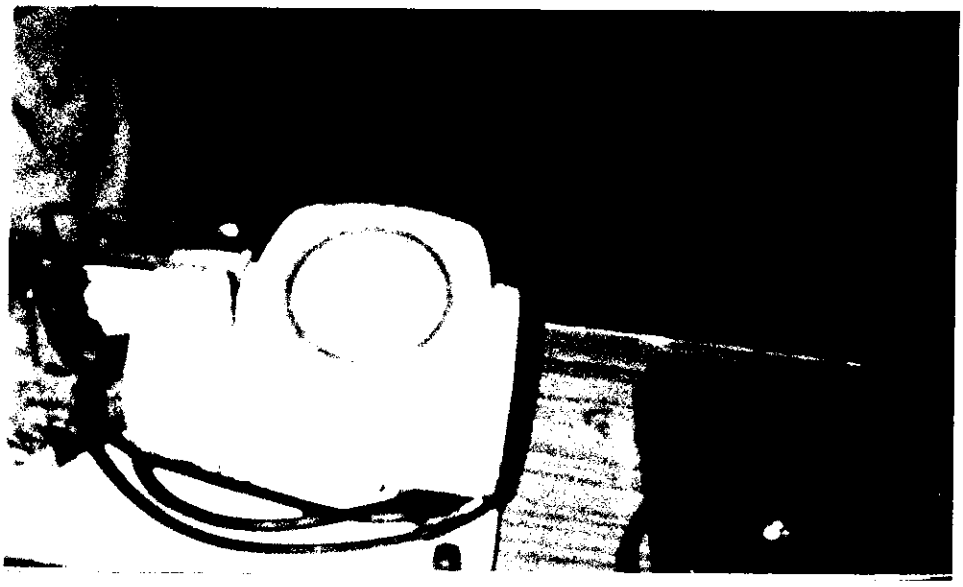
รูปที่ 3.69 แสดงก้านเหวี่ยงของปั๊มแบบไดอะแฟรม

จากรูปจะเห็นก้านเหวี่ยงซึ่งต่อกันมอเตอร์ซึ่งเป็นตัวขับให้เกิดแรงเคลื่อนโดยก้านเหวี่ยงนี้จะต่ออยู่กับแผ่นไดอะแฟรมโดยมีแผ่นเหล็กทับยึดอีกทีดังแสดงในรูป 3.70 ซึ่งจะเห็นลักษณะอย่างคร่าวของแผ่นไดอะแฟรม

รูปที่ 3.71 จะแสดงลักษณะฝาครอบด้านบนของแผ่นไดอะแฟรมซึ่งจะเป็นตัวกำหนดว่าด้านใดเป็นด้านออกด้านใดเป็นด้านเข้าโดยภายในนั้นจะมีลิ้นเปิดปิดกำหนดทางเข้าออกสำหรับรูปร่างนั้นแล้วแต่บริษัทผู้ผลิตซึ่งจากรูป 3.72 จะเป็นของยี่ห้อ Gast

ต่อจากนั้นเส้นทางของลมจะมาจากขวดสูญญากาศซึ่งจะลูกลอยสำหรับป้องกันของเหลวเข้าสู่ระบบและมีเกจวัดความดันต่อเข้าด้วยแล้วต่อไปที่ขวด Suctionแล้วต่อออกไปที่ผู้ป่วย

และนี้เป็นหลักการอย่างคราวๆของเครื่องดูดเสมหะที่ใช้ปั๊มแบบไดอะแฟรมเป็นตัวทำให้เกิดแรงดัน เราสามารถแสดงให้เห็นรูปร่างสำเร็จดังรูปที่ 3.72



รูปที่ 3.70 แสดงด้านที่ต่อกับแผ่นไดอะแฟรม

รูปที่ 3.71 แสดงฝาครอบที่เป็นทางออกของลมออก

รูปที่ 3.72 แสดงรูปเครื่องดูดเสมหะที่พร้อมใช้งาน(ด้านหน้า)

รูปที่ 3.73 เครื่องคูดเสมหะที่พร้อมใช้งาน(ด้านข้าง)

รูปที่ 3.74 เครื่องคูดเสมหะที่พร้อมใช้งาน(ด้านข้าง)

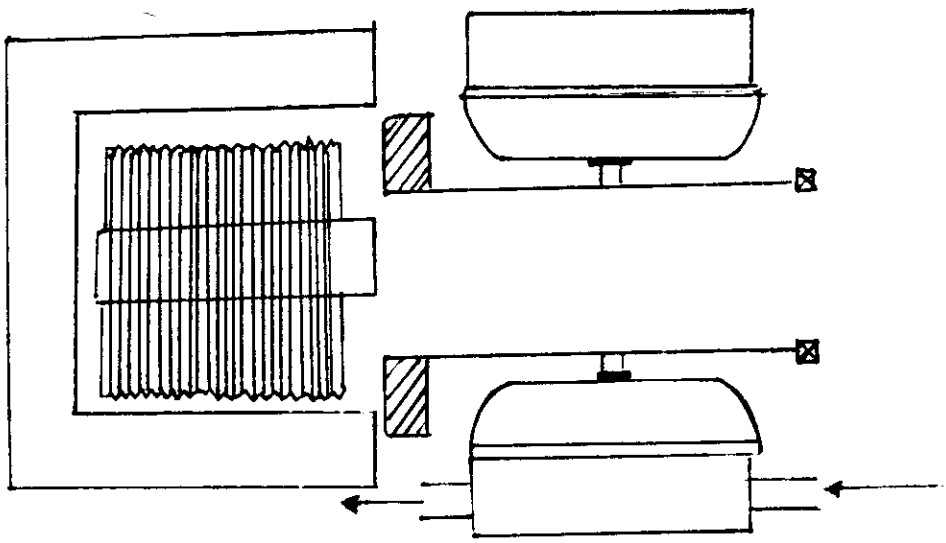
**สรุปหลักการทำงาน**

สำหรับหลักการทำงานของเครื่องคูดเสมหะของเครื่องคูดเสมหะที่นิยมนั้นดังที่ได้นำเสนอข้อมูลในขั้นต้นหลักการทำงานเป็นหลักการง่ายๆแต่ต้องระวังทางด้านแรงคูดเนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ใช้กับมนุษย์ดังนั้นจึงต้องออกแบบให้เหมาะสม ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาเราสามารถดัดแปลงเครื่องมือที่มีใช้ในท้องตลาดมาสร้างเครื่องคูดเสมหะแรงดันสูงซึ่งจากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญเราสามารถจะดัดแปลงสร้างเครื่องขึ้นมาใช้งานได้ ซึ่งจะกล่าวถึงในเรื่องต่อไป

### 3.11 แบบจำลองเครื่องดูดเสมหะแรงดันสูง

#### 3.11.1หลักการออกแบบ

ในการสร้างเครื่องดูดเสมหะแรงดันสูงนี้นั้นมาจากการศึกษาและออกแบบโดยผู้จัดทำเล็งเห็นว่าปั๊มออกซิเจนของปลานั้นสามารถนำมาสร้างเครื่องดูดเสมหะแรงดันสูงได้โดยใช้หลักการคล้ายปั๊มแบบไดอะแฟรมเพียงแต่เครื่องที่จำลองขึ้นมานี้นั้นสามารถใช้ได้กับเสมหะที่มีความหนืดน้อย เพราะแรงดูดของปั๊มชนิดนี้มีน้อยในที่นี้จะไม่กล่าวถึงแรงดูด สำหรับหลักการทำงานของปั๊มออกซิเจนปลาคือ ปั๊มปลานี้จะอาศัยหลักการของหม้อแปลงเหนี่ยวนำทำให้เกิดการผลักโดยการทำให้เกิดแม่เหล็กชั่วคราวซึ่งเกิดจากขดขวดพันรอบแท่งเหล็กตัวนำเมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าเข้ามาจะทำให้เกิดแม่เหล็กชั่วคราวดังแสดงในรูป 3.75



รูปที่ 3.75 แสดงหลักการของแบบจำลองเครื่องดูดเสมหะแรงดันสูง

จากนั้นเราใช้แม่เหล็กต่อเข้าโดยจะมีก้านเหล็กต่อเข้ากับแผ่นทรงกระบอกซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดแรงดันเมื่อปล่อยกระแสเข้ามาจะทำให้เกิดการสั่นของก้านเหล็กไปกดเข้ากับทรงกระบอกคล้ายกับการกดทำให้ปริมาตรน้อยลงทำให้เกิดความดันขึ้นและ เป็นเช่นนี้กลับไปกลับมา ดังแสดงในรูปที่ 3.76 จากหลักการดังกล่าวเราสามารถดัดแปลงมาเป็นเครื่องดูดเสมหะได้โดยเรากลับทางด้านอัดเป็นด้านดูดและด้านดูดเป็นด้านอัดเราสามารถจะอธิบายขั้นตอนการทำต่อไป

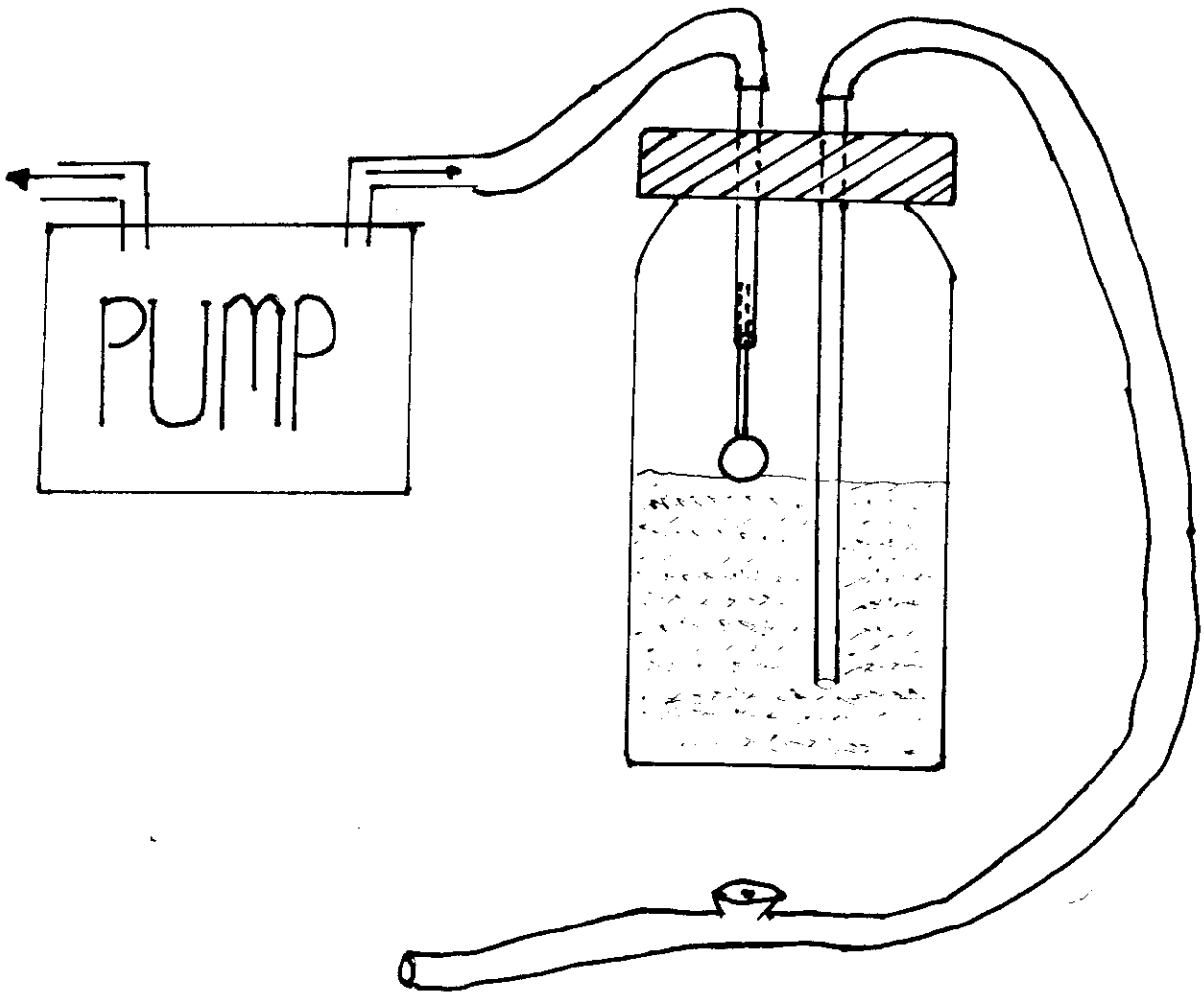
#### 3.11.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อความเข้าใจของหลักการของเครื่องดูดเสมหะแรงดันสูงที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน
2. เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องดูดเสมหะแรงดันสูง
3. สามารถนำเครื่องที่สร้างขึ้นมาใช้ได้จริงและเป็นแนวทางในการพัฒนาของเครื่องดูดเสมหะแรงดันสูง

4. เราสามารถนำวัสดุจากท้องถิ่นนำมาดัดแปลงใช้ได้โดยมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเครื่องมาตรฐานแต่ราคาถูกกว่า

**3.11.3 วัสดุอุปกรณ์**

1. ปั๊มออกซิเจนปลาหรือ AQUARIUM AIR PUMP ขนาด 100 V ,50-60 Hz, 3.5 W
2. ขวดแก้วปริมาตร 190 $cm^3$
3. สายยางขนาดเส้นผานศูนย์กลาง 0.5 cm ยาว 150 cm
4. กาวตราช้าง
5. โฟม
6. ก้านสำลีปั่นหู
7. สามทาง (Three way)




รูปที่ 3.76 ลักษณะการทำงานของแบบจำลองเครื่องดูดเสมหะ

**3.11.4 ขั้นตอนการสร้าง**

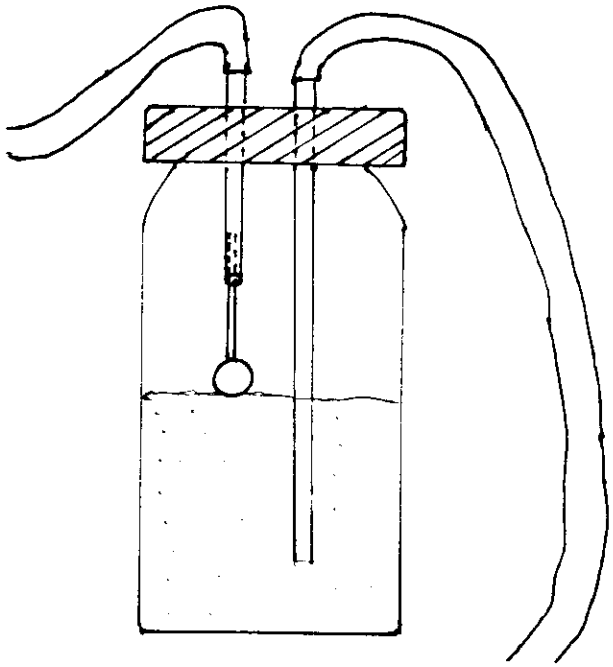
1. เปิดจุกยางปั๊มจากนั้นนำพลาสติกรูปร่างทรงกระบอกกลมสีดำซึ่งไม่มีลิ้นเปิดปิดทั้งสองด้านโดยลิ้นแต่ละด้านจะมีแผ่นยางสีดำปิดอยู่และจะสังเกตว่ามีรูอยู่อีก1รูที่ด้านเดียวกันทั้งสองด้าน

2. แกะแผ่นพลาสติกสีดำออกจะพบแผ่นพลาสติกน้ำตาลซึ่งมีหน้าที่เป็นลิ้นปิดเปิดรูดังกล่าวเมื่อลิ้นอยู่ในตำแหน่งปกติจะทำให้การทำงานของปั๊มอัดอากาศเป็นไปตามปกติคือด้านที่ต่อกับสายยางจะเป็นด้านที่ปั๊มอากาศให้กับตู้ปลาและมีอีกด้านหนึ่งซึ่งเป็นรูเล็กๆอยู่บริเวณทรงกระบอกกลมดังกล่าวซึ่งรูนี้จะใช้สำหรับเป็นช่องทางให้อากาศถูกดูดเข้ามาเพื่อใช้ปั๊มออกไปอีกช่องทางหนึ่งลักษณะการทำงานคล้ายปั๊มแบบไดอะแฟรม

3. จากนั้นแกะแผ่นยางและแผ่นพลาสติกสีน้ำตาลหรือแผ่นลิ้นออกมา แล้วเอาไปปิดอีกรูหนึ่งที่อยู่ในด้านเดียวกัน ส่วนอีกด้านก็ทำในลักษณะเช่นเดียวกัน ซึ่งเป็นผลทำให้ด้านดูดเป็นด้านอัดและด้านอัดเป็นด้านดูด

4. แล้วจัดการปิดฝาให้เหมือนสภาพปกติ

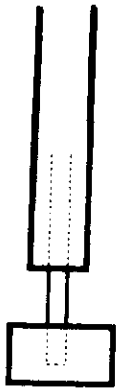
5. ต่อจากนั้นต่อสายยางเข้ากับขวดดังแสดงในรูป 3.77



รูปที่ 3.77 ลักษณะของขวดชัคชั่นในแบบจำลองเครื่องดูดเสมหะ

5. จากนั้นทากาวปิดรอยรั่วที่ฝาขวดเพื่อป้องกันอากาศรั่วออก ซึ่งเราจะทำให้ภายในขวดนั้นมีความดันต่ำกว่าบรรยากาศทำให้สามารถดูดของเหลวออกมาได้โดยขวดนี้จะเป็นตัวพักของเหลวดังที่กล่าวของหลักการขวดของเครื่องดูดเสมหะ

6. และเพื่อป้องการไม่ให้เกิดการล้นของของเหลวเราจึงทำลูกลอยแบบง่ายๆขึ้นโดยการนำก้านสำลีมาเสียบกับโฟมหน้าเรียบดังแสดงดังรูปที่ 3.78



รูปที่ 3.78 ลูกลอยกันน้ำล้นของแบบจำลองเครื่องดูดเสมหะ

และนี้เป็นหลักการทำงานของแบบจำลองเครื่องดูดเสมหะแรงดันสูงที่ได้ทำการสร้างขึ้น

**3.11.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างและพัฒนาเครื่องต่อไปในอนาคต
2. สามารถนำมาใช้งานได้จริงภายใต้ขีดความสามารถโดยส่วนใหญ่จะนำไปใช้กับเด็กซึ่งเราไม่จำเป็นต้องใช้แรงดันที่สูงนัก
3. เนื่องจากวัสดุอุปกรณ์ที่น

กว่าเครื่องที่มีใช้อยู่และมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเครื่องที่มีใช้ในปัจจุบัน

และนี่เป็นแนวความคิดที่เกิดจากการศึกษามาและเรื่องที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการสอบถามและเก็บข้อมูลมาจากช่างผู้เชี่ยวชาญโดยให้คำแนะนำมาว่าเราสามารถที่จะสร้างเครื่องดูดเสมหะแรงดันสูงจากวัสดุอุปกรณ์ที่สามารถหาได้จากท้องตลาดคือการนำคอมเพลสเซอร์รถยนต์มาดัดแปลงทำเครื่องดูดเสมหะได้ดังข้อมูลที่ได้มาดังนี้

**3.12 การนำเครื่องอัดอากาศรถยนต์มาดัดแปลงทำเครื่องดูดเสมหะแรงดันสูง**

**3.12.1 จุดประสงค์**

1. สามารถสร้างเครื่องดูดเสมหะแรงดันสูงให้มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเครื่องดูดเสมหะจริง
2. สามารถสร้างเครื่องดูดเสมหะที่ความดันใช้งานใกล้เคียงกับเครื่องต้นแบบ
3. สามารถสร้างเครื่องดูดเสมหะได้ในราคาที่ถูกกว่าเครื่องที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน

**3.12.2 หลักการ**

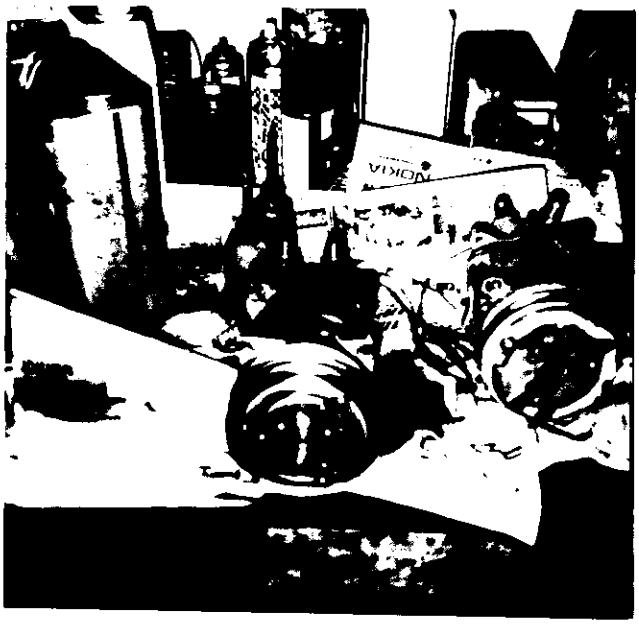
เครื่องดูดเสมหะที่ดัดแปลงขึ้นมานี้หลักการจะคล้ายคลึงกับเครื่องดูดเสมหะที่ใช้จริงเพียงแต่เรานำเอาคอมเพลสเซอร์รถยนต์มาใช้ จากการสอบถามหลักการนี้เคยนำไปใช้สร้างเครื่องดูดเสมหะแล้วในช่วงสงครามเมื่อประมาณ 10 ปีที่แล้วซึ่งสามารถใช้งานได้ดีและมีราคาถูก

**3.12.3 วัสดุอุปกรณ์**

สำหรับวัสดุอุปกรณ์นั้นจะเหมือนกับเครื่องมือของเครื่องดูดเสมหะแรงดันสูงเพิ่มมาเพียง คอมเพลสเซอร์รถยนต์,มอเตอร์ขนาด 1/2 แรงม้าและท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 หุน

**3.12.4 ขั้นตอนการทำ**

1. เรานำคอมเพลสเซอร์รถยนต์ที่ใช้แล้ว ซึ่งเราสามารถหาซื้อได้ตามร้านซ่อมรถดังแสดงในรูปที่ 3.79 และ 3.80



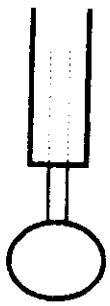
รูปที่ 3.79 คอมเพรสเซอร์รถยนต์ที่นำมาดัดแปลงเป็นเครื่องดูดเสมหะ

รูปที่ 3.80 แสดงตำแหน่งของคอมเพรสเซอร์ในรถยนต์

2. จากนั้นตัดสายท่อออกแล้วนำท่อทองแดงมาเชื่อมติดกับทางลมเข้าและออกทั้งสองทาง ที่นำท่อทองแดงมาใช้เนื่องจากสามารถดัดขึ้นรูปง่ายและสามารถเชื่อมต่อได้ง่าย

3. ที่ท่อลมคูดต่อสายยางเข้าสู่ขวดดักซึ่งลักษณะคล้ายกับการต่อปั๊มออกซิเจนปลาดังที่กล่าวมาแล้ว สำหรับขวดนั้นเราสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมขนาดตั้งแต่ 1 ลิตรขึ้นไป

4. สำหรับลูกลอยกันน้ำล้นเราสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ที่สามารถลอยน้ำได้จากคำแนะนำของช่างส่วนใหญ่แล้วจะนำลูกปิงปองมาต่อกับท่อพลาสติก ดังแสดงในรูปที่ 3.81



รูปที่ 3.81 ลูกลอยที่ดัดแปลงมาจากวัสดุที่หาได้ง่าย

เมื่อถึงระดับสายยางก็จะปิดได้พอดีทำให้ไม่เกิดการล้นออกไป

5. สำหรับเครื่องต้นกำลังนั้นเราจะใช้มอเตอร์ต่อโดยใช้สายพานเป็นตัวส่งกำลัง ซึ่งแล้วแต่จะกำหนดซึ่งขึ้นอยู่กับเนื้อที่ที่ต้องใช้ด้วย

6. ส่วนเครื่องกรองเสียงขาออกของเครื่องดูดเสมหะนั้นเราสามารถนำเอาอุปกรณ์ที่หาได้มาใช้ดัดแปลงอย่างเช่นนำผ้ากอซมาอัดใส่ในกระป๋องนม ซึ่งก็สามารถนำมาใช้ได้เพียงแต่ต้องคอยเปลี่ยนอยู่บ่อยๆ

และนี่เป็นหลักการอย่างคราวๆของเครื่องที่ออกแบบโดยจากการสอบถามช่างซ่อมบำรุงที่โรงพยาบาลสรรพสิทธิประสงค์เพราะท่านผู้นี้เคยนำหลักการดังกล่าวไปใช้กับโรงพยาบาลรอบนอกมาแล้ว ซึ่งในสมัยสงครามที่ช่องบก จ.อุบลราชธานี นั้นได้นำไปใช้จริงกับทหารตามชายแดน ซึ่งได้ผลดีและมีประสิทธิภาพสูง

แต่ยังมีข้อเสียโดยจะมีกลิ่นน้ำมันติดมาเนื่องจากภายในปั๊มอัดอากาศหรือคอมเพรสเซอร์รถยนต์นั้นหล่อเย็นด้วยน้ำมันการเปลี่ยนถ่ายจะต้องใช้ช่างผู้ชำนาญเป็นอย่างมาก

สำหรับเรื่องการบำรุงรักษานั้นจะกล่าวถึงการใช้งานและการยืดอายุการใช้งานของเครื่องอัดอากาศและปั๊มสูญญากาศซึ่งจำกล่าวในหัวข้อต่อไปนี้

**3.13 การยืดอายุการใช้งานของปั๊มสุญญากาศ และเครื่องอัดอากาศ (ด้วยการวางแผน--บำรุงรักษา)**

สำหรับการตั้งงบประมาณในการซ่อมแซมและบำรุงรักษาปั๊มสุญญากาศและเครื่องอัดอากาศโอกาสที่จะตั้งงบประมาณดังกล่าวมากเกินความจำเป็นมีความเป็นไปได้มาก ถ้าออกแบบระบบโดยมีแผนการบำรุงรักษาอยู่ในใจ โดยการออกแบบเชิงถนอมรักษาอุปกรณ์นั้นจะต้องออกแบบเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุดและคุ้มค่ามากที่สุด

**3.13.1การบำรุงรักษา**

ขึ้นอยู่กับความต้องการของเครื่องอัดและปั๊ม จะแปรเปลี่ยนไปตามขนาดและการใช้งานของเครื่อง เช่น เครื่องเล็กๆที่มีขนาดแรงม้าต่ำ เช่น 1/25 ถึง 5 แรงม้า พบว่าจะใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ชนิดอื่นเสมอ

สำหรับเครื่องที่ตั้งใช้งานโดยอิสระ (free-standing units) ควรมีการตรวจสอบชิ้นส่วนของเครื่อง เช่น ใบพัดของเครื่องแบบโรตารีหลังจากที่มีการใช้งานมาแล้ว 5,000 ถึง 10,000 ชั่วโมง โดยขึ้นอยู่กับความเลวร้ายของสภาพการใช้งานโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อุณหภูมิสูงและภายใต้ข้อสมมติว่ามีนอกจากนั้นแล้วควรกะการตรวจสอบการทำงานที่เหมาะสม เช่นการเติมสารหล่อลื่นให้กับชิ้นส่วนตามที่ต้องการ การระบายน้ำมันและน้ำออกจากกับดักอย่างสม่ำเสมอ การตรวจสอบเครื่องกรอง การตรวจสอบเมื่อมีเสียงและการสั่นสะเทือนที่ผิดปรกติเป็นต้น เมื่อออกข้อกำหนดเพื่อจัดหาปั๊มสุญญากาศ, เครื่องอัดอากาศและอุปกรณ์(ไส้กรอง ,ลิ้น,เครื่องวัด ฯลฯ) เท่ากับว่าโปรแกรมการบำรุงรักษาได้ถูกกำหนดขึ้นมาอย่างกว้างๆโดยปริยายแผนการบำรุงรักษายังถูกกำหนดด้วยสถานที่ติดตั้งโดยคำนึงถึงแหล่งของอากาศสภาพแวดล้อมโดยรอบ (ความร้อน , ความชื้น) รวมทั้งการเข้าถึงเพื่อการบำรุงรักษาด้วยต่อจากนั้นแผนการเพื่อการบำรุงรักษาก็เป็นการดำเนินการบนหลักแห่งเหตุและผลต่อจากสองขั้นตอนแรก โดยมีตารางกำหนดเวลาสำหรับซ่อมแซมและเปลี่ยนอุปกรณ์ให้มีผลกระทบต่อผลผลิตน้อยที่สุด

ครั้งแล้วครั้งเล่า เราเคยได้เห็นความเสียหายอย่างร้ายแรงของอุปกรณ์ใช้อากาศ โดยมีสาเหตุมาจากการใช้อุปกรณ์ไม่เหมาะสมกับการใช้งานหรือการติดตั้งผิดตำแหน่งหรือทั้งสองอย่าง ข้อเหล่านี้จะเป็นสาเหตุให้ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูงเกินควรรวมทั้งเกิดความเสียหายก่อนกำหนดของอุปกรณ์

มีแนวคิดบางอย่างที่พึงระลึกในการเลือกใช้อุปกรณ์ใช้อากาศและข้อแนะนำจากสามัญสำนึก เพื่อเป็นแนวทางในการเลือกสถานที่ตั้ง ปั๊มสุญญากาศและเครื่องอัดอากาศเป็นเครื่องจักรกลพื้นฐานง่ายๆขึ้นอยู่กับหลักการง่ายๆทางกลศาสตร์จึงไม่มีเหตุผลที่จะทำให้เกิดความยุ่งยากขึ้นโดยการละเลยข้อควรพิจารณาบางประการในขั้นตอนของการออกแบบ

**3.13.2 กำหนดการเลือกปั๊ม**

การเลือกแบบของปั๊มหรือเครื่องอัดว่าจะเป็นแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตและระดับของความดันสุญญากาศที่ต้องการ ตามปรกติแล้วเครื่องที่ใช้ลูกสูบจะจ่ายแรงดันได้สูงกว่าแต่จะให้ปริมาณลมได้น้อยกว่าแบบที่ใช้ใบพัดที่แรงม้าเท่ากัน อุปกรณ์แบบใบพัด สามารถให้อากาศที่ปราศจากการกระเพื่อมโดยไม่ต้องมีถังเก็บอากาศ (การออกแบบเครื่องอัดอากาศแบบไดอะแฟรมนั้นเป็นการดัดแปลงมาจากหลักการของลูกสูบ) ซึ่งการอัดตัวของอากาศเกิดขึ้นโดยการโก่งตัวของแผ่นบางเสริมใยชนิดทนความร้อน (heat-resistance, fabric-reinforce elastomer)

**3.13.3 ข้อพิจารณาอื่นๆได้แก่**

*ก.สุญญากาศหรือความดัน* - การใช้งานบางอย่างมีความต้องการสุญญากาศและความดันในวัฏจักรเดียวกัน เครื่องอัดอากาศจะให้สุญญากาศที่ทางดูดและให้ความดันที่ด้านทางออกของอากาศดังนั้นเครื่องบางรุ่นจะมีการออกแบบให้มีท่อทางดูดคู่

*ข.ระบบที่ไม่ต้องใช้น้ำมันหล่อลื่นหรือระบบที่ต้องหล่อลื่น* - ปั๊มสุญญากาศและเครื่องอัดอากาศชนิดที่ไม่ต้องใช้น้ำมันหล่อลื่นจะเหมาะสมที่จะนำไปติดตั้งในบริเวณที่เข้าไปถึงได้ยากซึ่งบริเวณดังกล่าวนี้ไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติจะใช้เครื่องที่ต้องการหล่อลื่น อย่างไรก็ตามระบบที่ใช้น้ำมันหล่อลื่นโดยทั่วไปก็จะให้ความดันที่สูงกว่าหรือสุญญากาศที่ต่ำกว่า นอกจากนั้นแล้วแบบที่ใช้น้ำมันหล่อลื่นก็จะมีการกัดกร่อนจากความชื้นได้น้อยกว่า

*ค. แบบที่มีมอเตอร์ในตัวหรือแบบที่มีชุดขับแยกส่วน*

ปั๊มสุญญากาศและเครื่องอัดอากาศแบบที่มีมอเตอร์ในตัวโดยทั่วไปจะกระทัดรัดและมีน้ำหนักเบากว่า เมื่อนำไปใช้งานในสนามจะทำให้ง่ายต่อการใช้บริการหรือการซ่อมแซม เครื่องโรตารีแบบมีมอเตอร์ในตัวนั้นถ้ามีความต้องการซ่อมแซมนั้นก็เพียงแต่ถอดสลักเกลียวและแผ่นปิด (end plate) ออกก็สามารถถอดใบพัดและชุดหมุนออกมาเพื่อทำการซ่อมแซมได้ง่าย

*ง.ขนาด* - สภาพการใช้งานแต่ละชนิดมีความต้องการปริมาณอากาศ ณ ความดันหรือสุญญากาศที่ระบุไว้ ดังนั้นหลังจากที่ได้วางข้อกำหนดความต้องการดังกล่าวแล้วจะต้องเลือกระบบที่สามารถจ่ายความดันหรือสุญญากาศให้เหมาะสมกับความจำเป็นใช้งานโดยใช้เครื่องทำงาตามคำแนะนำที่กำลังผลิตสูงสุดหรือต่ำกว่าเพื่อให้ได้สมรรถนะการทำงานเป็นที่น่าพอใจ

*จ.การใช้งานต่อเนื่องหรือเป็นช่วงๆ* -อุณหภูมิเป็นส่วนประกอบหนึ่งที่เป็นข้อจำกัดการทำงานข้องเครื่องอัดเมื่อใช้งานเป็นช่วงๆอาจเกิดการทำงานหนักในช่วงเวลาสั้นๆขึ้นได้ สำหรับการทำงานแบบต่อเนื่องที่อุณหภูมิสูงควรจะเลือกชนิดที่ระบายความร้อนโดยใช้ลมเป่าและมีการหล่อลื่นที่ใช้แรงดันน้ำมัน

*ฉ.ควรเผื่อขนาดให้ใหญ่เข้าไว้*

ปั๊มและเครื่องอัดที่มีขนาดเล็กเกินไปมักจะเกิดการสึกหรอก่อนเวลาอันควรเสมอ ดังนั้นเมื่อมีการสั่งซื้อเครื่องอัดควรจะเผื่อขนาดไว้ 10% หรือ 25% ของอัตราการใช้งานของระบบกำลังผลิตที่เผื่อไว้นี้จะเป็นการชดเชยกับการที่ต้องใช้งานในสภาพที่ผิดไปจากการทำงานตามปกติหรือถ้ามีการบำรุงรักษาให้ดีทำให้กำลังการผลิตของเครื่องตกลง

*ช.อุปกรณ์ประกอบช่วยลดการบำรุงรักษา*

การแนะนำอุปกรณ์ เช่น ไส้กรองทางเข้าอากาศ, ลิ้น, เครื่องอัด, แผ่นกั้น (mufflers), และตัวกันความร้อน อุปกรณ์เหล่านี้จะมีส่วนช่วยลดการบำรุงรักษามันไม่เพียงแต่เป็นตัวช่วยให้เครื่องอัดและปั๊มทำงานเป็นเวลาอันยาวนานโดยไม่มีปัญหาเท่านั้น แต่อุปกรณ์ใช้งานประกอบอื่น ๆ เช่น มอเตอร์ลม เป็นต้น ก็จะได้รับผลประโยชน์ในรูปของการลดการบำรุงรักษาและการเพิ่มประสิทธิภาพ วัสดุแปลกปลอมอื่น ๆ ที่ก่อตัวขึ้นจากฝุ่นผงหรือเศษเหล็กจะเป็นตัวการทำให้ปั๊มและเครื่องอัดเสียหายไส้กรองทางเข้าอากาศจะเป็นตัวป้องกันวัสดุแปลกปลอมดังกล่าวนี้ ไส้กรองอากาศควรจะติดตั้งอยู่ในตำแหน่งระหว่างลิ้นระบายสุญญากาศ (vacuum reliefvalve) กับเครื่องปั๊มสุญญากาศ ดังนั้นอากาศที่เข้ามาทางลิ้นนี้จะผ่านไส้กรองก่อน

ผู้ใช้อุปกรณ์อากาศบางส่วนได้สั่งซื้อเครื่องอัดอากาศและปั๊มโดยไม่สั่งไส้กรองจากผู้ผลิตเดียวกันเพราะต้องการลดค่าใช้จ่าย และเว้นแต่ผู้ใช้งานจะติดตั้งไส้กรองที่ถูกต้องและเหมาะสมกับเครื่องไม่เช่นนั้นความเสียหายก็ยังคงเกิดขึ้นได้ในระยะเวลาอันสั้น

ลิ้นลดความดัน (pressure relief valae) จะเป็นตัวรักษาความดันให้ต่ำกว่าระดับที่กำหนดไว้ ถ้าไม่มีการป้องกันดังกล่าวเครื่องอาจทำงานเกินกำลังมีผลทำให้เกิดความเสียหายต่อระบบหรืองานที่กำลังดำเนินอยู่หรือทั้งสองอย่าง มีหนทางที่จะออกแบบลิ้นในระบบการใช้อากาศเพื่อเพิ่มสมรรถนะและยืดอายุการใช้งานของปั๊มและเครื่องอัดอากาศรวมทั้งระบบอากาศในเวลาเดียวกัน

ในบางครั้งอาจจะมีปัญหาในการจัดหาเครื่องหรือชุดประกอบของอุปกรณ์ที่เหมาะสมถูกต้อง อย่าพึ่งตัดสินใจเลือกใช้ระบบที่เห็นว่าพอใช้ได้ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุให้มีปัญหาในการบำรุงรักษาในอนาคตได้

ผู้ผลิตอุปกรณ์ใช้งานเกี่ยวกับอากาศ จะมีความรู้ความชำนาญเกือบไม่มีข้อจำกัดที่จะช่วยท่านแก้ไขปัญหา พิเศษได้ ถึงแม้ปัญหาเหล่านี้จะไม่เกี่ยวข้องกับโดยตรงการทำงาน ดังเช่น การควบคุมเสียง ข้อแนะนำจากผู้ผลิตนั้นๆจะช่วยท่านออกแบบระบบใช้อากาศที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ,เป็นที่ไว้ใจได้และคุ้มค่า